АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КЛАССИКИ НАУКИ

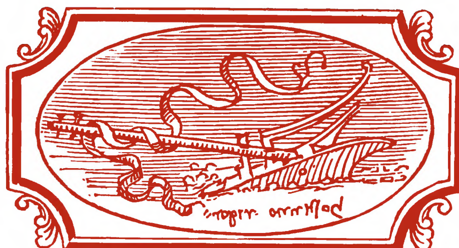


ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

ИЗБРАННЫЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ



РЕДАКЦИЯ,
ПЕРЕВОД, СТАТЬЯ И КОММЕНТАРИИ
В. П. ЗУБОВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА · 1955

СЕРИЯ «КЛАССИКИ НАУКИ»

основана академиком *С. И. Вавиловым*


ИЗБРАННЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ
* ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ *

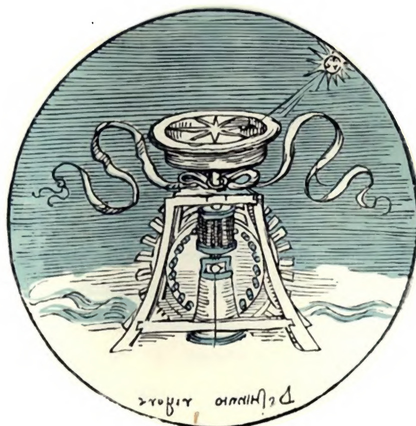


NON SI VOLTA CHI A STELLA È FISSO

Не оборачивается тот, кто устремлен к звезде

LEONARDO DA VINCI

(W, 12282 recto[1])





ОБ ИСТИННОЙ И ЛОЖНОЙ НАУКЕ



Какая наука — механическая и какая — не-механическая? Утверждают, что механическим является то знание, которое порождено опытом, научным знанием — то, которое рождается и завершается в мысли, а полумеханическим — то, которое рождается от науки и завершается в деятельности рук (operatione manuale). Но мне кажется, что пусты и полны заблуждений те науки, которые не порождены опытом, отцом всякой достоверности, и не завершаются в наглядном опыте, т. е. те науки, начало, середина или конец которых не проходят ни через одно из пяти чувств. И если мы подвергаем сомнению достоверность всякой ощущаемой вещи, тем более должны мы подвергать сомнению то, что восстает против ощущений, каковы, например, вопросы о сущности бога и души и тому подобные, по поводу которых всегда спорят и сражаются. И поистине всегда там, где недостает разумных доводов, там их заменяет крик, чего не случается с вещами достоверными. Вот почему мы скажем, что там, где кричат, там истинной науки нет, ибо истина имеет одно единственное решение, и когда оно оглашено, спор прекращается навсегда. И если спор возникает снова и снова, то эта наука — лживая и путаная, а не возродившаяся [на новой основе] достоверность.

Истинные науки — те, которые опыт заставил пройти сквозь ощущения и наложил молчание на языки спорщиков. Истинная

наука не питает сновидениями своих исследователей, но всегда от первых истинных и доступных познанию начал постепенно продвигается к цели при помощи истинных заключений, как это явствует из первых математических наук, называемых арифметикой и геометрией, т. е. числа и меры. Эти науки с высшей достоверностью трактуют о величинах прерывных и непрерывных. Здесь не будут возражать, что дважды три больше или меньше шести или что в треугольнике углы меньше двух прямых углов. Всякое возражение оказывается здесь разрушенным, будучи приведено к вечному молчанию. И этими науками наслаждаются в мире их почитатели, чего не могут дать обманчивые науки мысленные.

И если ты скажешь, что такие истинные и доступные познанию науки являются видом механических, поскольку мы не можем дать им законченности без участия рук, то я скажу то же самое о всех искусствах, которые проходят через руки пишущих и которые являются разновидностью рисования, отрасли живописи. И астрономия и другие науки невозможны без деятельности рук, хотя первоначально они и начинаются в мысли, подобно живописи, которая сначала существует в мысли своего созерцателя и без деятельности рук не может достичь своего совершенства (Т. Р., 33).

Наукой называется такое разумное рассуждение, которое берет исток от своих последних начал; после этих начал уже не может найтись ничего в природе, что входило бы в состав той же науки. Так обстоит дело с непрерывной величиной, т. е. с наукой геометрии: начиная с поверхностей тел, геометрия оказывается имеющей своим истоком линию, границу поверхности; но этим мы не удовлетворяемся, ибо знаем, что линия имеет границей точку, а точка есть то, меньше чего не может быть ничто другое. Следовательно, точка есть первое начало геометрии; и нельзя найти ничего другого ни в природе, ни в мысли человеческой, что могло бы дать начало точке (Т. Р., 1).

Все наше познание начинается с ощущений (Тr., 20об.).

Опыт никогда не ошибается, ошибаются ваши суждения, ожидая от него такого действия, которое не является следствием ваших экспериментов.

Ведь коль скоро дано начало, то вытекающее из него является по необходимости истинным следствием этого начала, если только не встретится к тому помехи. А если такая помеха встретится, то действие, которое должно было вытекать из этого начала, окажется в тем большей или в тем меньшей степени причастно ей, чем более или чем менее эта помеха сильна в сравнении с вышепомянутым началом.

Опыт никогда не ошибается, ошибаются только суждения ваши, которые ждут от него вещей, не находящихся в его власти. Несправедливо жалуются люди на опыт, с величайшими упреками виня его в обманчивости. Оставьте его в покое и обратите свои жалобы на собственное невежество, которое заставляет вас быть поспешными, и, ожидая от опыта в суетных и вздорных желаниях вещей, которые не в его власти, говорить, что он обманчив! Несправедливо жалуются люди на неповинный опыт, часто виня его в обманчивых и лживых показаниях (С. А., 154 b).

Природа полна бесчисленных причин, которые никогда не были в опыте (I, 18).

Ощущения земны, разум находится вне их, когда созерцает (Tr., 38).

Необходимость — наставник и опекун природы. Необходимость — тема и изобретательница природы, и узда, и вечный закон (Forst. III, 43об.).

Каждый инструмент должен быть сделан на основе опыта (В. М., 191).

Мудрость есть дочь опыта (Forst. III, 14).

Ни одно человеческое исследование не может назваться истинной наукой, если оно не прошло через математические доказательства.

И если ты скажешь, что науки, начинающиеся и кончающиеся в мысли, обладают истиной, то в этом нельзя с тобой согласиться, а следует отвергнуть это по многим причинам, и прежде всего потому, что в таких чисто мысленных рассуждениях не участвует опыт, без которого нет никакой достоверности (Т. Р., 1).

Пусть не читает меня тот, кто не является математиком согласно моим принципам[1] (W. An. IV, 14об.).

Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой (G, 36об.).

Пропорция обретается не только в числах и мерах, но также в звуках, тяжестях, временах и положениях и в любой силе, какая бы она ни была (К, 49).

Приобретение любого познания всегда полезно для ума, ибо он сможет отвергнуть бесполезное и сохранить хорошее. Ведь ни одну вещь нельзя ни любить, ни ненавидеть, если сначала ее не познать (С. А., 226об. а).

Материал (soggetto) и форма. Любящий движется любимой вещью, как ощущение ощущаемым, и с собой соединяет и становится вещью единой. Произведение — первая вещь, рождающаяся от соединения: если любимая вещь презренна, любящий делает себя презренным. Когда присоединенная вещь к лицу тому, кто соединен с ней, он получает радование и удовольствие и удовлетворение. Когда любящий соединен с любимым, он покоен. Когда груз лежит, он покоен. Вещь, будучи познана, пребывает с интеллектом нашим (Tr., 6об.).

Так же, как поглощение еды без удовольствия превращается в скучное питание, так занятие наукой без страсти засоряет память, которая становится неспособной усваивать то, что она поглощает (W, 12349).

О пяти правильных телах[2]. Против некоторых комментаторов, которые хулят древних изобретателей, положивших начало грамматикам и наукам, и которые ратуют против умерших изобретателей, и, так как им самим не удалось по лености и книжной вольготности сделаться изобретателями, они постоянно покушаются ложными рассуждениями попрекать своих учителей (F, 27об.).

Изобретателей и посредников между природой и людьми в сопоставлении с пересказчиками и трубачами чужих дел должно судить и не иначе расценивать как предмет вне зеркала в сравнении с появляющимся в зеркале подобием этого предмета. Предмет уже представляет нечто сам по себе, а его подобие ничто. Эти люди мало что получили от природы, ибо они одеты только в чужое, без которого ты не смог бы отличить их от стада скота (С. А., 117 b).

Кто спорит, ссылаясь на авторитет, тот применяет не свой ум, а скорее память. Хорошая ученость родилась от хорошего дарования; и так как надобно более хвалить причину, чем следствие, ты больше будешь хвалить хорошее дарование без учености, чем хорошего ученого без дарования (С. А., 76 а).

Ложь настолько презренна, что даже если она станет хорошо говорить о великих делах бога, она отнимет благодать у своего божества, а истина обладает таким превосходством, что даже если она начнет хвалить самые ничтожные вещи, они сделаются благородными.

Нет сомнения, что истина стоит в таком же отношении ко лжи, в каком свет стоит к мраку, и она обладает таким превосходством, что, даже распространяясь на низкие и низменные материи, несравненно превосходит недостоверность и ложь, распространяющиеся о великих и выспренних предметах. Ведь даже если бы квинтэссенцией нашей мысли являлась ложь, от этого истина вещей не перестала бы быть лучшей пищей тонких умов, не похожих на умы блуждающие. А ты, живущий сновидениями, тебе больше нравятся софистические доводы и обманы речей о вещах больших и недостоверных, чем не столь выспренние доводы достоверные и естественные! (V. U., 10).

[Отрывок из программы для аллегорической картины или сценического представления]

Истина. Солнце.

Ложь. Маска.

Невинность.

Коварство.

Огонь истребляет ложь, т. е. софиста, и являет истину, разгоняя тьму. Огонь должен быть представлен как истребитель всякого софиста, как изъяснитель и истолкователь истины, ибо он — свет, который рассеивает тьму, скрывающую сущность вещей. Огонь разрушает всякого софиста, т. е. обман, и один являет истину, т. е. золото. Истина в конце концов не остается скрытой (W., 12700об.).

Мысленные вещи, не прошедшие через ощущение, пусты и не порождают никакой истины, разве только обманчивую; и коль скоро такие рассуждения рождаются от скудости ума, то бедны всегда такие умозрители, и если они родились богатыми, то умрут бедными к старости, так что кажется, будто природа мстит тем, кто хочет делать чудеса,— они будут владеть меньшим, чем другие люди, более спокойные. И те, кто хотят разбогатеть в один день, долгое время живут в великой бедности, как бывает и вовеки будет с алхимиками, стремящимися создать золото и серебро, и с инженерами, которые хотят, чтобы стоячая вода из самой себя давала движущую жизнь путем постоянного движения, и с некромантами и заклинателями, стоящими на вершине глупости (W. An. I, 13об.).

О искатели постоянного движения, сколько пустых проектов создали вы в подобных поисках! Прочь идите с искателями золота (Forst. II, 67).

Лживые толкователи природы утверждают, что ртуть есть общее семя всех металлов, не памятуя о том, что природа разнообразит семена соответственно различию вещей, которые хочет произвести в мире (С. А., 76об. а).

И если бы все же бессмысленная скупость привела тебя к подобному заблуждению [что золото можно получить искусственно], почему не пойдешь ты в горные рудники, где такое золото производит природа, и там не сделаешься ее учеником? Она тебя наверняка исцелит от твоей глупости, показав, что ни одна из вещей, делаемых тобою в огне, не будет той, которыми она сама пользуется для произведения золота. Нет здесь ни ртути, ни какой-либо серы, ни огня, ни иной теплоты, кроме теплоты природной, живительницы мертвого мира, которая покажет тебе ветвления золота в лапислазури или ультрамариновой сини — краске, не подвластной огню. И, внимательно рассматривая эти ветвления золота, ты увидишь на концах их, что они медленно и постепенно растут и обращают в золото то, что с ними соприкасается. И заметь, что здесь-то и обитает растительная душа, произвести которую не в твоих силах (W. An. B, 28об.).

Об обманчивой физиономике и хиромантии я не буду распространяться, так как в них истины нет, и явствует это из того, что подобные химеры научных оснований не имеют. Правда, что знаки лиц показывают отчасти природу людей, пороков их и сложения; так, на лице знаки, отделяющие щеки от губ и ноздри от носа и глазные впадины от глаз, отчетливы у людей веселых и часто смеющихся; а те, у кого они слабо обозначены,— люди, предающиеся размышлению; а те, у кого части лица сильно выступающие и глубокие,— люди зверские и гневные, с малым разумом; а те, у кого поперечные линии лба сильно прочерчены,— люди, богатые тайными и явными горестями. И так же можно говорить на основании многих частей. Но на основании руки? Ты найдешь, что в один и тот же час от меча погибли величайшие полчища, хотя ни один знак на их руках не сходен с другим; и при кораблекрушении так же точно (T. P., 292).

Из речей человеческих глупейшей должна почитаться та, которая распространяется о суеверии некромантии, сестры алхимии, матери вещей простых и естественных. И тем более заслуживает она упреков в сравнении с алхимией, что не производит никакой вещи, кроме ей подобной, т. е. лжи. Этого не случается с алхимией,

исполнительницей простых произведений природы, тех, которые самой природой выполнены быть не могут, поскольку нет у нее органических орудий, при помощи коих она могла бы совершать то, что совершает человек при помощи рук, сделавший таким образом стекло, и т. д.

Но некромантия эта, знамя и ветром развеваемый стяг, есть вожак глупой толпы, которая постоянно свидетельствует криками о бесчисленных действиях такого искусства; и этим наполнили книги, утверждая, что заклинания и духи действуют и без языка говорят, и без органов, без которых говорить невозможно, говорят, и носят тяжелейшие грузы, производят бури и дождь и что люди превращаются в кошек, волков и других зверей, хотя в зверей прежде всего вселяются те, кто подобное утверждает.

И, конечно, если бы такая некромантия существовала, как верят низкие умы, ни одна вещь на земле на гибель и пользу человеку не была бы равной силы; ибо если верно было бы, что искусство это дает власть возмущать спокойную ясность воздуха, обращая ее в ночь, и производить блистания и ветры со страшными громами и вспыхивающими во тьме молниями, и рушить могучими ветрами высокие здания, и с корнем вырывать леса, и побивать ими войска, рассеивая их и устрашая, и порождать гибельные бури, лишая земледельцев награды за труды их,— какая была бы возможна война, когда таким бедствием можно было бы поражать врагов, имея власть лишать их урожаев? Какая битва морская могла бы сравняться с битвой, которую ведет тот, кто повелевает ветрами и производит яростные ураганы, потопляющие любой флот? Конечно, тот, кто столь могучими силами повелевает, станет повелителем народов, и никакой ум человеческий не может противостоять губительным его силам. Незримые сокровища и драгоценные камни, сокрытые в теле земли, все стали бы ему явными. Никакие неприступные твердыни или крепости не смогли бы никогда уберечь, без воли на то самого некроманта. Он стал бы носиться по воздуху от востока до запада и по всем противоположным направлениям вселенной. Но зачем мне дальше распространяться об этом? Что было бы недоступно для

такого искусства? Почти ничего, кроме разве избавления от смерти.

Итак, здесь частично раскрыты вред и польза, заключенные в этом искусстве, будь оно истинно. И если оно истинно, почему оно не сохранилось среди тех людей, которые к нему так жадно стремятся, не считаясь ни с чем святым? Знаю, существует бесконечно много таких людей, которые ради удовлетворения одной своей прихоти уничтожили бы бога вместе со всей вселенной. Но коль скоро такое искусство не сохранилось среди этих людей, будучи для них столь необходимым, значит оно никогда и не существовало и никогда не сможет существовать, в соответствии с определением духа, являющегося чем-то невидимым и бестелесным: ведь бестелесных вещей не существует среди стихий, ибо там, где нет тела, там — пустота, а пустоты среди стихий нет, так как она сразу же оказалась бы заполненной той или иной стихией. Переверни страницу (W. An. B, 31об.).

О духах. Здесь, на обороте настоящего листа, мы показали, что, согласно определению, дух есть сила, соединенная с телом, ибо сам по себе он не может двигаться или перемещаться в пространстве. И если ты скажешь, что он движется сам по себе, этого быть не может в пределах стихий, ибо если дух есть бестелесная величина, то такая величина называется пустотой, а пустоты в природе не существует. И если предположить, что пустота может возникнуть, она тотчас же была бы вновь заполнена той стихией, в которой возникла и которая обрушилась бы сюда.

Итак, из определения тяжести, гласящего: «тяжесть есть приобретенная сила, созданная одной из стихий, извлеченной или вытолкнутой в другую», следует, что ни одна из стихий не имеет тяжести в стихии, с ней тождественной, и имеет тяжесть в стихии вышележащей, более легкой, чем она сама; так, например, часть воды не обладает большей тяжестью или легкостью, чем остальная вода, но если извлечешь ее на воздух, тогда она приобретает тяжесть, а если поместишь под нею воздух, то вода, находящаяся над этим

воздухом, также приобретет тяжесть, каковая сама удержаться не может; вот почему необходимо ей упасть, и она действительно падает в воду, в то пустое место, которое стало свободно от этой воды. Это случилось бы и с духом, находящимся посреди стихий: он непрестанно рождал бы пустоту в той стихии, в которой находится, что вынуждало бы его постоянно стремиться к небу, до тех пор, пока он из этих стихий не выйдет.

Имеет ли дух тело, находясь среди стихий? Мы доказали, что дух сам по себе, без тела находиться среди стихий не может и не может двигаться сам собою, произвольным движением, разве только вверх. А теперь скажем, как такому духу, получая воздушное тело, необходимо раствориться в этом воздухе, потому что если б он оставался чем-то единым, он был бы обособленным и обусловил бы возникновение пустоты, как сказано выше. Итак, ему необходимо, если он способен оставаться в воздухе, разлиться в известном количестве воздуха. Но если бы он смешался с воздухом, возникло бы два затруднения, а именно: то количество воздуха, с которым он смешался бы, дух сделал бы более легким, почему ставший более легким воздух сам собою поднялся бы вверх и не остался бы в воздухе, более плотном, чем он; кроме того, такая духовная сила, рассеиваясь, разъединяется и меняет свою природу, почему и теряет первоначальное свое свойство. Можно добавить и третью несообразность, которая заключается в том, что такое воздушное тело, принятое духом, оказалось бы проницаемо для ветров, которые постоянно разъединяют и разрывают связные части воздуха, крутя и вертя их в остальном воздухе. Итак, разлитый в подобном воздухе дух оказался бы расчлененным, или, вернее, рассеянным и раздробленным вместе с рассеянием воздуха, в котором он разлит (W. An. B., 31).

Может ли дух, приняв воздушное тело, двигаться сам по себе или нет? Духу, разлитому в известном количестве воздуха, невозможно двигать этот воздух. И это очевидно из прежде сказанного, гласящего: дух делает более

легким то количество воздуха, в котором разливается; следовательно, этот воздух поднимется ввысь, выше прочего воздуха, и это будет движением, которое обусловлено не произволением духа, а легкостью воздуха. И если такой воздух будет подхвачен ветром, то по 3-му пункту, приведенному выше, он будет приводиться в движение ветром, а не духом, который в нем разлит.

Может ли дух говорить или нет? Если мы хотим выяснить, может ли дух говорить или нет, сначала необходимо определить, что такое звук голоса и как он порождается. И мы скажем так: звук голоса есть движение воздуха, трущегося о плотное тело, или трение плотного тела о воздух, что то же самое. Подобное трение плотного тела о разреженное уплотняет эту разреженность и рождает сопротивление; точно так же быстро и медленно движущиеся разреженные тела взаимно уплотняют друг друга при соприкосновении, порождая звук или величайший грохот,— таков звук или шум, который порождается одним разреженным телом, движущимся медленно в другом разреженном теле, например большое пламя, рождающее звук в воздухе. Величайший грохот, производимый одним разреженным телом в другом, получается тогда, когда быстро движущееся разреженное тело проникает в неподвижное разреженное, например пламя огня, выходящее из пушки и гонимое в воздух; таково же пламя, выходящее из тучи и ударяющее о воздух, порождая молнии. Вот почему мы скажем, что дух не может производить звука голоса без движения воздуха, а воздуха в нем нет, и он не может выгонять его из себя, коль скоро он его не имеет. А если он хочет приводить в движение тот воздух, по которому он разлит, то необходимо ему увеличиваться в объеме, а этого он сделать не может, не имея пространственной величины (W. An. B, 30об.).

О математики, пролейте свет на это заблуждение! Дух не имеет голоса, ибо где голос, там тело, а где тело, там заполнение места, что мешает глазу видеть предметы, находящиеся за подобным местом. Следовательно, подобное тело заполняет весь окружающий воздух собою, т. е. своими образами (С. А., 190об.).

Не может быть голоса там, где нет движения или биения воздуха; не может быть биения воздуха там, где нет соответствующего орудия; не может существовать бестелесного орудия. Если это так, дух не может иметь ни голоса, ни формы, ни силы; а если он примет тело, то не сможет проникать или входить туда, где входы заперты. И если бы кто сказал, что дух принимает тела различных форм посредством скопления и сжатия воздуха и посредством такого орудия говорит и движется с силой, на это я отвечаю: там, где нет сухожилий и костей, не может быть силы, и она не может быть приводима в действие ни в одном из движений этих воображаемых духов.

Беги от учений таких умозрителей, ибо их доводы не подкрепляются опытом! (B, 4об).

Научись сохранять здоровье, что тебе тем более удастся, чем более будешь беречься врачей, ибо составы их—вид алхимии, о которой написано книг не меньшее число, чем о медицине (W. An. A, 2).

Всякий человек хочет накопить капитал, чтобы дать врачам, разрушителям жизни, вот почему они должны быть богаты (F, 96об).

Медицина есть восстановление согласия стихий, утративших взаимное равновесие; болезнь есть нестроение стихий, соединенных в живом организме (Tr., 4).

Надобно понять, что такое человек, что такое жизнь, что такое здоровье, и как равновесие, согласие стихий, его поддерживает, а их раздор его разрушает и губит (C. A., 270 c).

Тот, кто порочит высшую достоверность математики, тот питается сумбуром и никогда не заставит умолкнуть противоречия софистических наук, которые учат вечному крику...

Я знаю, что в этом случае наживу мало врагов, ибо никто не подумает, что я мог это сказать именно о нем. Ведь немногих отталкивают их собственные пороки, они отталкивают только тех, чья природа им противоположна. И многие ненавидят отцов и порывают

с друзьями, изобличителями их пороков, и им не помогают никакие противоположные примеры, никакой человеческий совет.

Те, кто сокращает чужие произведения, наносят оскорбление не только познанию, но и любви, ибо любовь есть дочь познания и она тем горячее, чем познание достовернее. Достоверность же эта рождается от исчерпывающего познания всех тех частей, которые вместе составляют предмет, достойный любви. Какая цена человеку, который, укорачивая части того, о чем он притязает дать исчерпывающее понятие, отбрасывает бо̀льшую долю того, что составляет целое? Правда, что нетерпеливость, мать глупости, хвалит краткость; казалось бы, таким людям некогда составить полное понятие об одном частном предмете, каковым является человеческое тело. А потом хотят они дать в сокращении мысль бога, которая объемлет вселенную, развешивают и размельчают ее на бесконечные части, словно анатомируя ее!

О глупость человеческая! Не замечаешь ли ты, что весь свой век ты провела сама с собою и еще не имеешь понятия о том, чем ты более всего владеешь, т. е. о своем безумии? И ты хочешь потом вместе с толпой софистов обманывать себя и других, презирая математические науки, в которых содержится истинное понятие о вещах, ими охватываемых, и потом хочешь ты увлечься чудесами, писать и давать понятие о том, что человеческая мысль неспособна вместить и что не может быть подтверждено никаким примером, почерпнутым из природы; и тебе кажется, что ты сотворила чудеса, когда ты испортила произведение какого-нибудь глубокомысленного ума, не замечая, что ты впадаешь в ту же ошибку, которую совершает тот, кто лишает растение красы его ветвей, полных листвы, вместе с благоуханными цветами и плодами, а затем доказывает, что, вместо этого растения, надлежит сделать голые таблицы, наподобие того, как это сделал Юстин, аббревиатор «Истории», написанной тем Трогом Помпеем, который с великим изяществом описал все превосходные деяния своих предков, полные удивительнейших красот. Этот Юстин сочинил произведение голое, единственно достойное

нетерпеливых умов, полагающих, что они теряют время, тратя его с пользой, т. е. тратя на изучение произведений природы и дел человеческих. Но пусть такие люди остаются в обществе зверей и пусть их придворными будут псы и другие животные, полные ярости, и пусть эти животные сопровождают их! Всегда гоняясь за тем, кто обращается в бегство, они преследуют тех невинных животных, которые в пору больших снегов, голодные, приходят к твоему дому, прося у тебя милостыни, как у своего хозяина.

А если ты, как ты написал, — царь животных (или лучше сказать: царь бестий, из каковых ты — самая большая), почему тебе не помочь им, чтобы впоследствии они могли тебе дать своих сыновей в угоду твоему чреву, которое ты стремишься превратить в могилу всех животных? Я сказал бы и больше, если бы мне было дозволено вполне говорить правду.

Однако, не выходя за пределы человеческие, скажу о высшем злодействе, которое не встречается у земных животных, ибо у них не найти таких, которые питались бы себе подобными, разве только по недостатку разума (ведь и среди них бывают безумцы, как и среди людей, хотя и не в таком числе). Это бывает лишь у хищных животных, например у породы львов — пардов, пантер, рысей, кошек и т. п., которые иногда поедают своих детей. Но ты, кроме детей, поедаешь отца, мать, братьев и друзей, и этого тебе не достаточно: ты отправляешься на охоту на другие острова, захватывая в плен других людей, лишая их члена и тестикул, ты откармливаешь их и гонишь в свою глотку. Разве природа производит мало простых веществ, способных тебя насытить? А если тебе не довольно простых, разве не можешь ты путем их смешения создать бесконечное множество сложных, как написал об этом Платина и другие авторы о кулинарии?[3]

И если найдутся среди людей такие, которые обладают качествами и достоинствами, не гоните их от себя, воздайте им честь, чтобы не нужно им было бежать от вас и удаляться в пустыни, пещеры и другие уединенные места, спасаясь от ваших козней! И если один такой найдется, воздайте ему честь, ибо такие люди и

являются нашими земными богами, заслуживающими от нас статуй, изваяний и почестей. Но я напоминаю вам особенно — не поедайте их изображений, как это делается в некоторых местностях Индии: когда эти изображения совершили, по мнению жителей, какое-нибудь чудо, жрецы разрезают их на куски (ибо они деревянные) и дают всем туземцам, не без мзды. Каждый отщипывает свой кусочек и кладет на свою первую пищу; и они веруют, что таким путем съедают своего святого, и уверены, что в будущем он сохранит их от всех напастей.

Ну, что же ты теперь скажешь человек, о своей породе? Такой ли ты мудрый, каким ты себя считаешь, и разве это вещи, которые должны быть совершаемы человеком?— Юстин (W. An. II, 14).

О заблуждении тех, кто пользуется практикой без науки. Влюбленные в практику без науки — словно кормчий, ступающий на корабль без руля или компаса; он никогда не уверен, куда плывет. Всегда практика должна быть воздвигнута на хорошей теории, вождь и врата которой — перспектива, и без нее ничего хорошего не делается ни в одном роде живописи (G, 8).

Наука — полководец, и практика — солдаты (I, 130).

О нагрузке кораблей, сначала в теории (in scientia), а затем на практике (in atto).

Узнать, какой груз может везти корабль.

Узнать, сколько весит сам корабль в воздухе (W. An. III, 12).

Тебе необходимо написать о теории, а потом о практике; сначала напишешь о тени и свете непрозрачных тел, а потом о прозрачных телах (B. M., 171).

Когда будешь излагать науку о движениях воды, не забудь под каждым положением приводить его практические применения, чтобы твоя наука не была бесполезна (F, 2об.)

Железо ржавеет, не находя себе применения, стоячая вода либо гниет, либо замерзает на холоде, а ум человека, не находя себе применения, чахнет (С. А., 289об. с).

Если ты хочешь достигнуть определенного эффекта при помощи того или иного инструмента, не мешкай в сети многих членений, а ищи способ наиболее короткий. И не поступай, как те, которые, не умея назвать вещь ее собственным именем, идут по пути околичностей через многие смутные длинноты (С. А., 206об. а).

Я имею столько слов в моем родном языке, что скорее должен жаловаться на отсутствие надлежащего понятия о вещах, чем на отсутствие слов, при помощи которых я мог бы хорошо выразить содержание своей мысли (W. An. II, 16).

Деметрий имел обыкновение говорить, что нет разницы между словами и речами бессмысленных невежд и звуками и шумами, производимыми брюхом, которое наполнено избытком ветров. И это он сказал не без основания, ибо не видел разницы, откуда такие люди выпускают звук, снизу или ртом: цена и сущность таких звуков одна и та же (Tr., 14об.).

Многие будут считать себя вправе упрекать меня, указывая, что мои доказательства идут вразрез с авторитетом некоторых мужей, заслуживающих великого почета, согласно их незрелым суждениям; они не замечают, что мои дела родились из простого и чистого опыта, который есть истинный учитель.

Правила эти являются тем основанием, которое позволяет тебе распознавать истину и ложь, а это является причиной, позволяющей людям направлять свои надежды лишь на вещи возможные, стремясь к ним с большей сдержанностью. Благодаря этим правилам, ты не окутан неведением, которое привело бы к тому, что ты, не получая результата, в отчаянии отдался бы меланхолии.

Эти люди не понимают, что, как Марий ответил римским патрициям, я мог бы так ответить им, говоря: «Вы, что украсили себя чужими трудами, вы не хотите признать за мною права на мои собст-

венные». Скажут, что, не имея книжного образования, я не смогу хорошо сказать то, о чем хочу трактовать. Не знают они, что мои предметы более, чем из чужих слов, должны быть почерпнуты из опыта, который был наставником тех, кто хорошо писал; так и я беру его себе в наставники и во всех случаях на него буду ссылаться (С. А., 119об. а).

Хотя бы я и не умел хорошо, как они, цитировать авторов, я буду цитировать гораздо более достойную вещь, ссылаясь на опыт, наставника их наставников. Они расхаживают чванные и напыщенные, разряженные и разукрашенные не своими, но чужими трудами, а в моих мне же самому отказывают; а если меня, изобретателя, презирают, насколько более должны быть порицаемы сами,— не изобретатели, а трубачи и пересказчики чужих произведений! (С. А., 117об. b).

Начато во Флоренции, в доме Пиеро ди Браччо Мартелли, марта 22 дня 1508 года; и это будет сборник без порядка, извлеченный из многих листов, которые я переписал здесь, надеясь потом распределить их в порядке по своим местам, соответственно материям, о которых они будут трактовать; и я уверен, что прежде чем дойду до его конца, мне придется повторить здесь одно и то же помногу раз; а потому, читатель, не пеняй на меня, ибо предметов много и память не может их сохранить и сказать: об этом не хочу писать, ибо писано раньше; и если б не хотел я впасть в подобную ошибку, необходимо было бы в каждом случае, который мне хотелось бы записать, во избежание повторений, всегда перечитывать все прошлое, и в особенности в случае долгих промежутков времени от одного раза до другого при писании (В. М., 1).

Вогнутые зеркала.
Книги из Венеции.
Итальяно-латинский словарь.
Ножи из Богемии.
Витрувий.
Метеоры.

Философия Аристотеля.
Мессер Оттавиано Палавичино из-за его Витрувия.
Ходи каждую субботу в горячие бани и увидишь голых.

Архимед, о центре тяжести[4].
Анатомия Алессандро Бенедетто[5].
Данте от Никколо делла Кроче[6].

Надуй легкое свиньи и смотри, увеличивается ли оно в ширину и в длину, или в ширину меньше, чем в длину.

Альбертуччо[7] и Марлиано[8]: о счислении. Альберт о небе и мире от фра Бернардино. Гораций[9] писал о скорости неба. (F., вн. сторона верхн. обл.).

Квадрант Карло Мармокки[10] — мессер Франческо Аральдо — сер Бенедетто де Чеперелло — Бенедетто даль Абако — маэстро Паоло медик — Доменико ди Микелино — Кальво из семьи Альберти — мессер Джованни Аргиропуло (С. А., 12об. b).

[Америго] Веспуччо хочет мне дать книгу по геометрии (В. М., 132об.)

П а м я т к а. Пойти сделать запасы для моего сада. — Иордан «О тяжестях»[11]. — «Conciliator»[12] о приливе и отливе моря.— Заказать два дорожных ящика.— Посмотри токарный станок Бельтраффио и вели перетащить камень.— Оставь книгу мессеру Андреа Тедеско.— Сделай весы из стрелы и взвесь раскаленный предмет, а потом взвесь его вновь холодным.— Зеркало маэстро Луиджи.— Масло, нефть.— Прилив и отлив воды, наблюдаемый на мельнице в Ванерио.— Шапочка (W. An. II, 22об.).

Научись умножению корней у маэстро Луки [Пачоли] (С. А., 120).

Альберт из Имолы, «Алгебра», т. е. показание того, как число и неизвестное (cosa) приравниваются к [другому?] неизвестному числу (cosa numero) (K, 75об.).

Алгебра, которая находится в семье Марлиани и написана их отцом[13]. — О кости у Марлиани... — Попроси учителя абака показать тебе, как следует находить квадратуру треугольника.— По-

проси мессера Фацио[14] показать тебе «О пропорциях»... — Спроси Бенедетто Портинари[15], каким образом бегают по льду во Фландрии.— «Пропорции» Алкинди[16] вместе с примечаниями Марлиани от мессера Фацио.— Измерение Солнца, обещанное мне маэстро Джованни Французом.— Самострел маэстро Джанетто.— Книга Джованни Таверна, которую имеет мессер Фацио.— Нарисуй Милан.— Размер канала, шлюзов и затворов (sostegni), больших судов и стоимость.— План Милана.— Группы Браманте.— Метеоры Аристотеля на итальянском[17]. — Постарайся достать Витолона[18], который находится в библиотеке в Павии и трактует о математике.—Найди мастера по водным сооружениям и заставь рассказать о средствах защиты против воды и что они стоят, о шлюзе, о канале, о мельнице на ломбардский манер.— Внук Джан Анджело живописца имеет книгу о воде, которая принадлежала его отцу.— Паолино Скарпеллино, по прозванию Ассиоло,— хороший мастер по водным сооружениям (С. А., 225 b).

Магистр Джулиано [Джироламо?] да Марлиано[19] имеет прекрасный гербарий; живет против плотников Страми (Forst. III, 37 об.).

Борджес[20] достанет для тебя Архимеда у епископа Падуанского, а Вителлоццо — из Борго а Сан Сеполькро (L, 2).

Архимед у епископа Падуанского (L, 94об.).

Архимед есть полный у брата монсиньора ди С. Джуста в Риме; говорит, что дал его брату, находящемуся в Сардинии; первоначально был в библиотеке герцога Урбинского, увезен при герцоге Валентино[21] (С. А., 349 об. f).

У мессера Винченцо Алипландо, проживающего близ гостиницы Корсо, есть Витрувий Джакомо Андреа[22] (К, 109об.).

Посмотри «О кораблях» мессер Баттисты Альберти[23] и Фронтина «Об акведуках» (Leic., 13).

Имена инженеров. Каллий Родосский, Эпимах Афинский, Диоген философ Родосский, Халкедоний Фракийский, Фебар Тирский, Каллимах архитектор, мастер огней (В., 50об.).

Герон о воде[24] (С. А., 96об. а).

Герон. Вод[а] (С. А., 219об. а).

Феофраст, о приливе и отливе и о водоворотах[25]. (Leic., 16об.).

Лукреций в третьей книге «О природе вещей»: руки, ногти и зубы были оружием древних.

Они пользовались в качестве знамени пучком травы, привязанным к шесту [26] (В. N., 2037, 8об.).

Вели перевести Авиценну о полезных вещах (W. An. I, 13).

Авиценна о жидкостях человеческого организма (F, внутр. сторона нижн. обл.).

Возьми «О тяжестях»[27] (С. А., 247а).

Тебит[28] (М, 11).

«О пространственном движении».— Суиссет, т. е. Калькулятор — Тисбер — Анджело Фоссаброн — Альберт[29] (М, 8).

Роджер Бэкон, напечатанный[30] (В. М., 71об.).

У Витолона имеется 805 заключений о перспективе (В, 58).

Витолон в Сан Марко (В. М., 79об).

Пресветлейший государь мой, увидев и рассмотрев в достаточной мере попытки тех, кто почитает себя мастерами и конструкторами военных орудий, и найдя, что устройство и действие названных орудий ничем не отличаются от общепринятого, попытаюсь я, без желания повредить кому другому, светлости вашей представиться, открыв ей свои секреты и предлагая их затем по своему усмотрению,

когда позволит время, осуществить с успехом в отношении всего того, что вкратце, частично, поименовано будет ниже:

1. Владею способами постройки легчайших и крепких мостов, которые можно без всякого труда переносить и при помощи которых можно преследовать неприятеля, а иногда бежать от него, и другие еще, стойкие и неповреждаемые огнем и сражением, легко и удобно разводимые и устанавливаемые. И средства также жечь и рушить мосты неприятеля.

2. В случае осады какой-нибудь местности умею отводить воду из рвов и устраивать бесчисленные мосты, стенобитные орудия (gatti) и лестницы и другие применяемые в этом случае приспособления.

3. Также, когда из-за высоты вала или укрепленности местоположения нельзя при осаде местности применить бомбарды, есть у меня способы разрушать всякое укрепление или иную крепость, не расположенную вверху на скале.

4. Есть у меня виды бомбард, крайне удобные и легкие для переноски, которые кидают мелкие камни, словно буря, и наводят дымом своим великий страх на неприятеля с тяжелым для него уроном и смятением.

5. Также есть у меня средства по подземельям и по тайным извилистым ходам пройти в назначенное место без малейшего шума, даже если нужно пройти под рвами или рекой какой-нибудь.

6. Также устрою я крытые повозки, безопасные и неприступные, для которых, когда врежутся со своей артиллерией в ряды неприятеля, нет такого множества войска, которого они не сломили бы. А за ними невредимо и беспрепятственно сможет следовать пехота.

7. Также, в случае надобности, буду я делать бомбарды, мортиры и метательные снаряды прекраснейшей и удобнейшей формы, совсем отличные от обычных.

8. Где бомбардами пользоваться невозможно, буду проектировать машины для метания стрел (briccole), балисты (mangani), катапульты (trabocchi) и другие снаряды изумительного действия, не похожие на обычные; словом, применительно к разным

обстоятельствам буду проектировать различные и бесчисленные средства нападения.

9. И случись сражение на море, есть у меня множество приспособлений, весьма пригодных к нападению и защите; и корабли, способные выдержать огонь огромнейшей бомбарды, и порох, и дымы.

10. Во времена мира считаю себя способным никому не уступить как архитектор в проектировании зданий, и общественных и частных, и в проведении воды из одного места в другое.

Также буду я исполнять скульптуры из мрамора, бронзы и глины. Сходно и в живописи — все, что только можно, чтобы поравняться со всяким другим, кто бы он ни был. Смогу приступить к работе над бронзовой конной статуей, которая будет бессмертной славой и вечной честью блаженной памяти отца вашего и славного дома Сфорца. А буде что из вышеназванного показалось бы кому невозможным и невыполнимым, выражаю полную готовность сделать опыт в парке вашем или в месте, какое угодно будет вашей светлости, коей и вверяю себя всенижайше (С. А., 391 а).

При помощи мельницы произведу я ветер в любое время, летом заставлю подняться воду, бьющую ключом и свежую, которая пройдет между разделенными друг от друга досками... Канал будет шириною в поллоктя, с резервуарами, всегда прохладными, наполненными вином, и другая вода будет протекать по саду, орошая померанцы и лимонные деревья, насколько им это нужно; лимонные деревья эти будут вечно зеленеть, ибо место будет так устроено, что их легко можно будет оградить, и тепло, которое постоянно притекает зимой [вместе с водою], гораздо лучше хранит их, чем огонь, по двум причинам: во-первых, потому, что это тепло ручейков естественное и оно обогревает корни всех растений; во-вторых, потому, что огонь для этих растений есть тепло привходящее, поскольку он лишен влаги, и он неоднородный и не беспрерывный, ибо более тепл в начале, чем в конце, и во многих случаях забывается по небрежности тех, кому вверено о нем попечение. В канавках надлежит часто удалять их травы, дабы вода была прозрачной, с камешками

на дне, и оставлять только травы, пригодные для питания рыб, как крес и другие подобные. Рыбы должны быть из тех, что не мутят воды, т. е. не нужно пускать туда угрей, ни тунцов и ни щук также, ибо они пожирают других рыб.

Сделано будет при помощи мельницы много водопроводов по дому и источников в разных местах и некий переход, где, кто пройдет, отовсюду снизу вода брызнет вверх, и будет это, что нужно тому, кто пожелает снизу окатить женщин или кого другого, там проходящего.

Сверху сделаем тончайшую медную сеть, которая покроет сад и укроет под собою много разных видов птиц,— и вот у вас беспрерывная музыка, вместе с благоуханием цветов на лимонных деревьях.

При помощи мельницы произведу я беспрерывные звуки на различных инструментах, которые будут все время звучать, пока длится движение такой мельницы (С. А., 271об. а).



МАТЕМАТИКА



О площадях и объемах

Книга, озаглавленная «О преобразовании», т. е. о преобразовании одного тела в другое без убавления или возрастания материи (Forst. I, 3).

Начата мною, Леонардо да Винчи, июня 12 дня 1505 г. (Forst. I, 3об).

Геометрия, охватывающая преобразования металлических тел, которые состоят из вещества, способного растягиваться и сокращаться в зависимости от того, что́ необходимо изучающим их.

Все сокращения цилиндров, остающихся более высокими, чем куб, сохраняют название цилиндра. Все сокращения цилиндра, более низкие, чем куб, называются плитами [tavole, досками][1].

Куб — тело с 6 равными гранями, ограниченными посредством 12 равных линий и 8 углов, имеющих по 3 прямоугольных грани, и с 24 прямыми углами. Это тело у нас называется dado [игральная кость].

Если ты хочешь обрабатывать пирамиды, увеличивая их или убавляя, обрабатывай цилиндры, кубы или плиты, по высоте и широте равные этим пирамидам, тогда треть этих тел останется на долю этих пирамид. Так ты будешь делать быстро (Forst. I, 40об.).

Книга 1-я

Из прямоугольника (tetragon lungo) я сделаю квадрат.

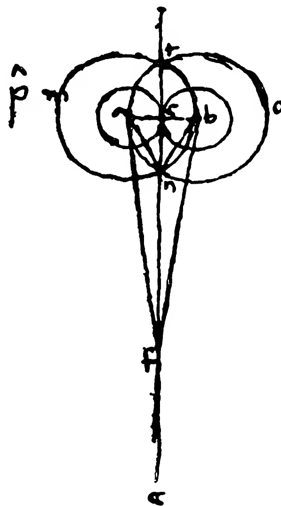
Из квадрата я сделаю прямоугольник.

О квадрате, ширина которого сокращена до данной величины, будет сказано, насколько при этом возрастает его длина.

Спрашивается: в квадрате, длина которого возросла до данной величины, насколько сократится его ширина?

Спрашивается: насколько сократится по ширине прямоугольник, длина которого возросла до данного предельного расстояния?

Прямоугольник сократился по длине на данную величину. Спрашивается: насколько он возрастает в ширину?



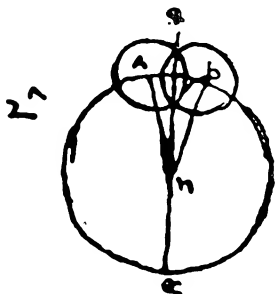
При увеличении ширины прямоугольника до данного предельного расстояния спрашивается: насколько он сократится в длину?

При сокращении ширины прямоугольника до данной предельной узости я спрашиваю: насколько он возрастает в длину? (Forst. I, 40).

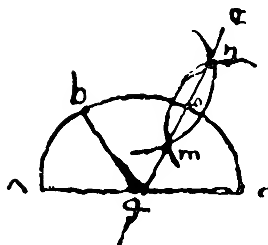
1-е.[2] Если два равных круга пересекаются друг с другом, то прямая, проходящая через точки их пересечений, будет в любой части своей длины находиться на одинаковых расстояниях от того и другого центра.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Пусть пересекающиеся круги будут *atn* и *btn*, а их пересечения *t* и *n*. Я утверждаю, что линия *de*, проходящая через указанные пересечения, в любой части своей длины находится на одинаковых расстояниях от того и другого центра таких кругов. Ведь линии *ac* и *bc* равны согласно определению круга (поскольку круги равны, постольку равны и их радиусы). Также

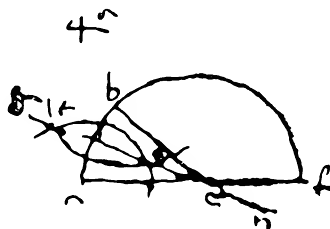
равны, согласно этому определению круга, линия *an* и линия *bn*, ибо круги равны. Поэтому часть *n* [*e*] линии *de*, [как и] *n*, оказывается на одинаковом расстоянии от центров обоих названных кругов, ибо линия *de* — прямая (Forst. I, 39об.).



2-е. К двум данным точкам найти третью книзу или кверху между ними, которая отстояла бы на одинаковое расстояние от обеих. Пусть точка *a* и точка *b* будут двумя данными точками. Я должен найти третью, одинаково отстоящую от них обеих. Доказываю я это на основании предыдущего положения, поскольку линия *de* проходит через пересечения двух равных кругов, а точка *n* находится на ней. Следовательно, на основании этого предыдущего положения мы вывели то, что требовалось.



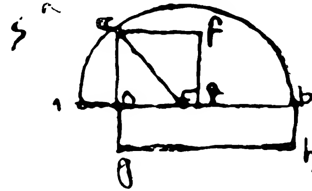
3-е. Я должен найти середину между *b* и *c* над линией *ac* и помечу ее в точности при помощи 2-го положения настоящей книги, проведя прямую *ed* между обоими пересечениями кругов *n* и *m*; там, где эта линия *ed* пересекает кривую линию *bc* в *o*, там и будет середина между *b* и *c*, центрами таких кругов (Forst. I, 39).



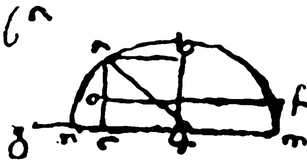
4-е. Из точки, не лежащей на конце какой-либо линии, провести вторую линию до встречи с первой в таком месте, чтобы промежуток между точкой встречи и данной точкой был равен промежутку между этой точкой встречи и концом первой линии. Пусть *b* — точ-

ка, не лежащая на конце *a* линии *af*. На основании 2-го положения этой книги я получу пересечение двух равных кругов в *e* и *o* и центрами таких кругов будут *a* и *b*. Теперь я проведу прямую *dn* через указанные пересечения и продолжу ее до пересечения с линией *af* в точке *c*. Затем я проведу вторую линию *bc* до встречи с первой *af* в точке пересечения *c* и с раствором циркуля, равным линии *bc*, опишу полукруг *abf*, центром какового будет *c*. Так я получу, согласно определению круга, то, что выше было предложено, ибо *bc* будет равно *ac*, что и требовалось (Forst. I, 38 об.).

5-е. Из прямоугольника (quadrato di lunga figura) получить квадрат (quadrato equiangoli e lati). Таким прямоугольником пусть будет *abgh*, и я хочу его превратить в квадрат *efad*. Итак, мы отложим сторону прямоугольника *ag* в *ai* и возьмем середину *c* всей линии *ib*, описав полукруг *ieb*. Затем продолжим сторону прямоугольника *ag* до встречи с кругом и тогда получим, что линия *ae* есть одна из сторон искомого квадрата, как доказывается в последнем положении 2-й книги Евклида.



6-е. Из квадрата делают прямоугольник данной длины. Спрашивается, какова будет его ширина. Пусть мы имеем квадрат *abcd*, которому путем растяжения от *c* до *m* мы должны придать форму прямоугольника. Теперь спрашивается: насколько убудет ширина этого квадрата? Основываясь на 3-м положении этой книги, нужно взять середину между *a* и *m* на линии *nm* и раствором циркуля, равным *ad*, описать полуокружность *nbm* вокруг центра *d*, и там, где эта окружность пересекает линию неопределенной длины *gm*, в точке *n*, там отсекается ширина названного прямоугольника,



от *n* до *c*. Это *nc* ты отложишь в *co* и образуешь нужный тебе прямоугольник *cofm* в соответствии с найденной шириной (Forst. I, 38—37об.).

7-е. Квадрат сокращают до данной ширины, а затем требуется определить длину, на которую он простирается. Пусть квадрат *abcd* сокращают до ширины *ec* и требуется найти затем длину, на которую он простирается. Это ты сделаешь так: отложи данную ширину *ec* на *cf*, затем проведи неограниченную линию *fn*, продолжив сторону квадрата *cd*, а затем (на основании 4-го положения настоящей книги) отложи линию *ad*, равную линии *fd*, разведя циркуль на величину *ad* и описав полукруг *fan*. Там, где он пересечет линию *fn* в точке *n*, там кончается длина четырехугольника (Forst. I, 37об).

8-е. Для прямоугольника, растягиваемого на данную длину по линии его длины, требуется определить надлежащую ширину. Пусть данный прямоугольник будет *adfg* и его нужно растянуть до длины *ah*. Спрашивается, насколько сокращается его первоначальная ширина. Мы узнаем это, образовав из прямоугольника квадрат, а затем (на основании 6-го положения настоящей книги) сделаем из этого квадрата прямоугольник *achi* в соответствии с данной дли-

ной и найдем, что его надлежащая ширина равна промежутку *ac* (Forst. I, 37).

Прямоугольник по линии его длины сокращают в более короткий до данной длины. Спрашивается, какова будет его ширина. Это есть положение обратное 8-му, и действие будет обратное. Мы имеем прямоугольник *achi*, а затем (на основании 5-го положения) мы сделаем из этого прямоугольника квадрат *klas*; затем (на основании 6-го положения) мы сделаем из этого квадрата меньший прямоугольник *adfg*, доведенный до данной длины (Forst. I, 37—36 об.).

9-е. При растяжении прямоугольника по его ширине до определенного расстояния требуется узнать, насколько он сокращается в длину. Пусть *abcd* данный прямоугольник, *oi* — длина, до которой он должен растянуться. Чтобы определить, насколько этот прямоугольник становится короче, я превращу его (на основании 5-го положения) в квадрат *beot*, а затем (на основании 6-го) сделаю из квадрата прямоугольник данной длины *oi*. В этом случае я найду, что прямоугольник *bacd* станет ниже на величину *cf* и удлинится на всю величину *oi*, превратившись в прямоугольник *ofik* (Forst. I, 36об.).

10-е. Я хочу понизить прямоугольник настолько, чтобы его ширина стала его длиной. Это положение — обратное предыдущему. Я хочу длину прямоугольника *otux* довести до высоты *so* так, чтобы этот прямоугольник поменял ширину *ot* на длину *ba*. Тогда прямо-

угольник *otux* преобразуется в прямоугольник *abcd*. Это будет сделано при помощи 5-го положения, путем превращения прямоугольника *otux* в квадрат *amon*. А затем (на основании 6-го положения настоящей книги) мы сделаем из этого квадрата прямоугольник *abcd* и так добьемся того, что обещали (Forst. I, 36).

Я хочу соединить два прямоугольника в один квадрат. Спрашивается, как велика будет сторона названного квадрата. Это нужно делать при помощи 5-го положения настоящей книги,— привести тот и другой прямоугольник к фигуре квадрата, а затем на основании предпоследнего положения первой книги преобразовать оба квадрата в один (Forst. I, 35об.).

Прямоугольную плиту превратить в квадратную. Это делают на основании 5-го положения настоящей книги.

Квадратную плиту превратить в прямоугольную данной длины. Это мы сделаем по правилу 6-го положения настоящей книги.

Квадратную плиту превратить в параллелепипед данной длины или ширины. Это мы сделаем при помощи 5-го положения.

Из плиты сделать параллелепипед данной высоты.

11-е. Если ты хочешь превратить квадрат в данный треугольник определенной длины [т. е. высоты], удвой квадрат, который ты хочешь превратить в треугольник, и образуй из него прямоугольник, длина которого равна длине [высоте] данного треугольника. Затем раздели этот прямоугольник диагональю, и он будет разделен пополам на два треугольника, каждый из которых равен нужному тебе. Основание треугольника ты можешь затем уменьшать соответственно углу, который тебе нужен, лишь бы не менялась длина [высота] (Forst. I, 35).

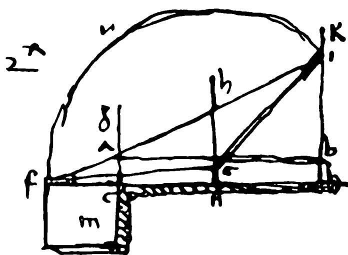
Книга 2-я

1-е. Из данного параллелепипеда (cilindro quadrilatero) сделать куб. Спрашивается, какова его высота. Пусть исходный параллелепипед — *bcde*, а куб, в который он превращается — *fcnm*. Я ут-

верждаю, что для такого превращения ты должен провести в параллелепипеде его диагонали *be* и *dc* и на пересечении их поставить ножку циркуля, вычертив дугу *fsp* так, чтобы хорда ее *fp* прошла через вершину угла параллелепипеда в *b*. Тогда оба угла, образуемые дугой и хордой, касаются линий неопределенной длины *qe* и *oe*, и там, где эта хорда и дуга касаются неопределенной линии в *f*, там от *f* до *c* получилась одна из сторон того куба, в который обратился параллелепипед.

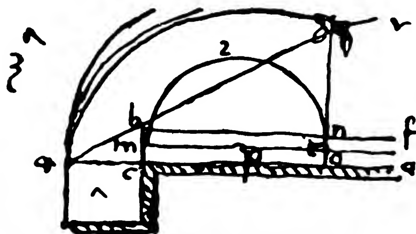
Из куба делают параллелепипед данной длины. Спрашивается, какова его толщина (Forst. I, 34об.).

2-е. Из куба сделать параллелепипед, простирающийся на данную длину. Найти, какова будет его толщина. Куб *m* растягивают до данной длины *cd*; спрашивается, насколько толщина такого куба сократится. На линии *cd* восставим три перпендикуляра неопределенной длины; два должны помещаться на концах и третий — в середине. Таковы *cg*, *dk*, *nh*. Затем по ребру линейки проводим гипотенузу *fi* прямоугольного треугольника *fdi* и ставим ножку циркуля на средний перпендикуляр *nh*, там, где тебе угодно. Пусть это будет для начала *e*. Затем нужно развести циркуль на расстояние *ef* и описать дугу *fri*. Хордой этой дуги будет гипотенуза прямоугольного треугольника, образованная помянутой выше линейкой. Сделав это, посмотрим, будет ли часть *ac* перпендикуляра *gc* вдвое длиннее, нежели часть *en* линии *hn*, и если нет, до тех пор меняй положение линейки на линии *kd*, держа ее неподвижно в *f*, пока ты не найдешь, что *ac* вдвое больше *en*. Тогда расстояние



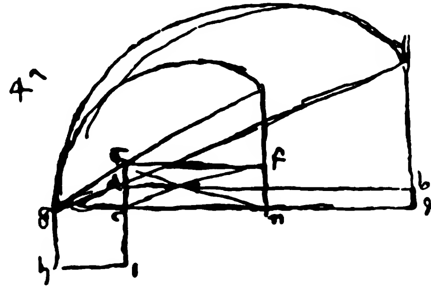
ас даст тебе толщину того параллелепипеда, в который растянут названный куб, что и требовалось (Forst. I,34).

3-е. Пусть куб преобразован в параллелепипед данной толщины. Спрашивается, какова его длина. В предыдущем положении по заранее известной длине мы находили неизвестную толщину. Теперь при заранее известной толщине мы найдем надлежащую длину и поступим так. Пусть куб будет *a*, а данная толщина параллелепипеда *bc*. Я продолжу этот параллелепипед при данной толщине на неопределенную длину, каковая будет *bcfe*, и то же сделаю с гипотенузой *dr*. Затем я помещу наугольник *dog* стороной *do* на прямую *de*, помещу ножки циркуля с произвольным раствором в точки *m* и *p* и буду двигать ножку *m*, описав дугу *mst*, причем стану передвигать наугольник вперед и назад по линии *do* так, чтобы круг прикоснулся к другой стороне его *oq*. Затем, держа ножку циркуля неподвижно в *p*, я разведу его на расстояние *pd*, описав дугу *dvq*. Эта дуга, встречаясь с гипотенузой, делает ее своей хордой, достигая точки *q* при встрече с наугольником. Тогда длина параллелепипеда кончается у вершины [прямого] угла наугольника. Если же окружность встретит гипотенузу раньше, чем наугольник, увеличь расстояние *mp* и тогда опишешь бо́льшую дугу. Если она встретит наугольник раньше, чем гипотенузу, уменьши расстояние *mp*, и тогда будет описана меньшая дуга. Поступая так, ты определишь истинную искомую длину (Forst. I, 33об. — 33).



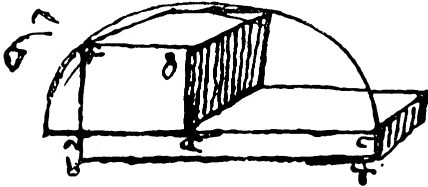
4-е. При превращении длинного параллелепипеда в более короткий, спрашивается, насколько он утолщается. Пусть *abcd* длинный параллелепипед, *cn* — данная его длина, до которой он укорачивается. Мы ищем, стало быть, насколько второй параллелепипед толще первого. Преобразуй длинный параллелепипед в соответствую-

щий ему куб, а затем (на основании 2-го положения этой книги) вновь растяни этот куб на данную длину второго параллелепипеда, и тогда ты найдешь искомую его толщину.



5-е. Относительно короткого параллелепипеда, растянутого на данную длину, спрашивается, насколько он становится у́же. Преобразуй первый параллелепипед в соответствующий ему куб на основании 1-го положения этой книги, а на основании 2-го растяни его на данное расстояние (Forst. I, 33).

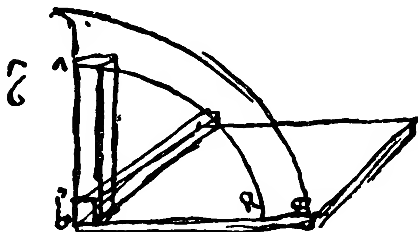
6-е. При преобразовании квадратной плиты в параллелепипед данной длины спрашивается, какова толщина этого параллелепипеда. Это делают на основании 5-го положения 1-й книги, пользуясь гранью квадратной плиты *abcd* и квадратной гранью параллелепипеда как простыми плоскостями, ибо в данном случае длина плиты та же, что и параллелепипеда.



Далее, если данный параллелепипед длиннее, нежели получающийся при преобразовании плиты, тогда ты (согласно обратному 4-му положению этой 2-й книги) растянешь параллелепипед *fgae*, сохраняя данную высоту его. А если данный параллелепипед короче, чем получающийся при преобразовании плиты, ты (по 4-му положению этой 2-й книги) сократишь последний, сохраняя данную высоту. Тогда ты найдешь толщину первого и второго параллелепипеда.

Из параллелепипеда сделать плиту по линии его длины при данной толщине (Forst. I, 32об.).

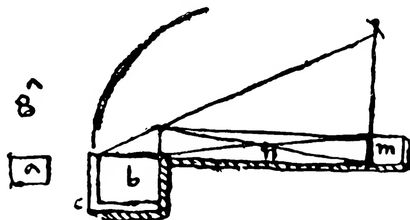
6-е [sic!]. Из параллелепипеда делают квадратную плиту данной ширины. Спрашивается, насколько он понижается.



Пусть параллелепипед будет *ab*, а сторона квадратной плиты — *be*; тогда, поскольку параллелепипед *ab* короче, нежели сторона *be*, я увеличу его так, чтобы он вытянулся соответственно этой стороне плиты *be*. И сделаю я это на основании обратного положения к 4-му положению настоящей 2-й книги. Затем я поставлю вровень узкую грань плиты с квадратной гранью параллелепипеда и при помощи 6-го положения 1-й книги у меня получится искомая толщина квадратной плиты.

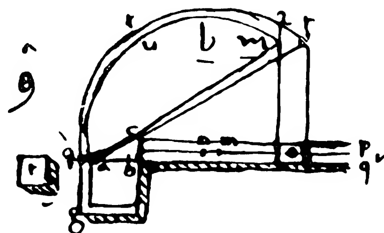
7-е. Из квадратной плиты делают параллелепипед данной длины. Нужно найти, насколько она становится уже. Это обратное положение к предпоследнему, и, действуя обратным путем, мы найдем то, что нам требуется. Пусть плита — *be*, данный параллелепипед — *ba*, который короче, чем грань плиты. Я преобразую на основании 5-го положения 2-й книги плиту в ей соответствующий натуральный параллелепипед [т. е. такой, высота которого равна ее длине], а затем укорочу его до данной высоты при помощи 4-го положения 2-й книги (Forst. I, 32).

8-е. Я хочу отнять данный куб от другого так, чтобы остаток также остался кубом. Пусть *a* — данный куб, который надлежит отнять от куба *bc*. По 2-му положению 2-й книги я сделаю из куба *bc* параллелепипед *nm*, соответственно толщине данного куба *a*. Затем я отсеку от этого параллелепипеда часть *m*, равную дан-



ному кубу *a*. Затем обращу остаток параллелепипеда *n* в куб *b* при помощи 1-го положения этой 2-й книги, и так я получу *b* и *m*, которые являются двумя кубами, вместе равными кубу *bc*.

9-е. Я хочу объединить в один единственный куб два куба разной величины (или же равных друг другу). Под прямым углом соединяют сторону меньшего куба со стороной большего и продолжают на неопределенное расстояние гипотенузу через противолежащие друг другу концы указанных сторон. Продолжают неопределенно параллелепипед, образованный меньшей стороной прямоугольного треугольника, и (на основании 3-го положения этой книги) определяют длину такого параллелепипеда. Затем по длине параллелепипеда прибавляют меньший куб, а потом (в соответствии с 1-м положением этой 2-й книги) превращают параллелепипед вместе с данным наращением в один больший куб, который содержит в себе и средний и меньший. Так мы сделаем то, что намеревались (Forst. I, 31об.).

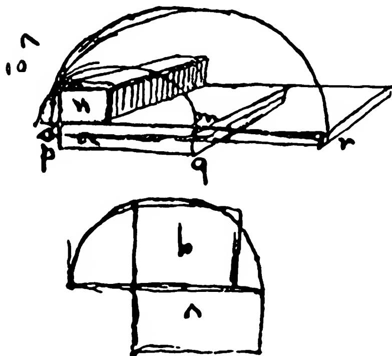


9-е [sic]. Из двух равных кубов сделать один единственный куб. Это получается на основе 1-го положения 2-й книги: я соединю оба равных друг другу куба, т. е. *a* и *b*, придав им форму параллелепипеда, из какового параллелепипеда затем сделаю куб *c* (на основании указанного выше 1-го положения).

В случае превращения прямоугольной плиты, которая имеет длину, превышающую ширину, в квадратную данной ширины спрашивается, насколько изменяется ее толщина. Это делают на основании 5-го положения настоящей книги, а именно: по ширине или длине такой плиты я сделаю параллелепипед, длина которого равна ширине или длине плиты; затем ⟨...⟩ (Forst. I, 31).

10-е. При обращении прямоугольной плиты, длина которой превышает ширину, в квадратную плиту данной ширины спрашивается,

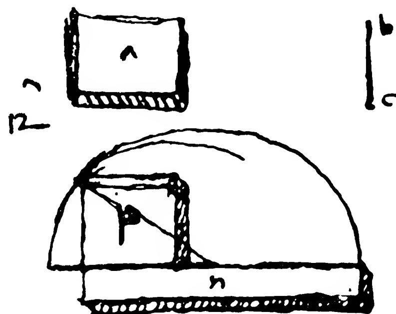
насколько меняется ее толщина. В этом случае пусть плита, длина которой превышает ширину, будет *nmpq*. Ей (на основании 5-го положения 1-й книги настоящего труда) я придаю форму удлиненного параллелепипеда, имеющего ту же длину, что и она. Это будет *n*. Затем, соответственно данной толщине *na* я (на основании 7-го положения 1-й книги) растяну плиту до необходимой длины и получится *or*. После того, как я растяну такую плиту соответственно надлежащей толщине, она перестанет быть квадратной. Вот почему (согласно 5-му положению 1-й книги) будет произведено превращение плиты в квадратную, по объему равную той первой плите, длина которой превышала ширину. Таковой будет плита *b*, получившаяся от второй плиты *a* (Forst. I, 30об.).



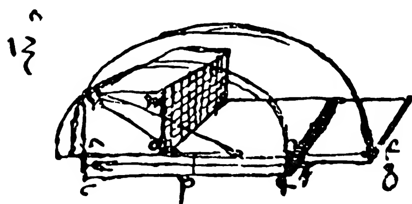
11-е. О квадратной плите, вытягиваемой в длину на данное расстояние, спрашивается, насколько она становится тоньше, если первоначальная ее ширина не меняется. Эту квадратную плиту мы преобразуем в соответствующий ей натуральный параллелепипед [той же высоты, что и ширина плиты] на основании 6-го положения 2-й книги. Затем мы растянем такой параллелепипед на данное расстояние (пользуясь 5-м положением 2-й книги). Затем (посредством 6-го положения 1-й книги) мы преобразуем квадратную грань растянутого параллелепипеда в [узкую] грань первой плиты [т. е. сделаем ее длину равной ширине плиты] и так ответим на вопрос.

12-е. О квадратной плите, вытягиваемой в длину до определенного предела при неизменной толщине, спрашивается, насколько она сокращает первоначальную свою ширину. При помощи 6-го положения 1-й книги квадратная плита *p* будет вытянута до длины

плиты *n* без уменьшения толщины. Эта плита *n* показывает, насколько уменьшилась ширина, что нам и требовалось (Forst. I, 30).

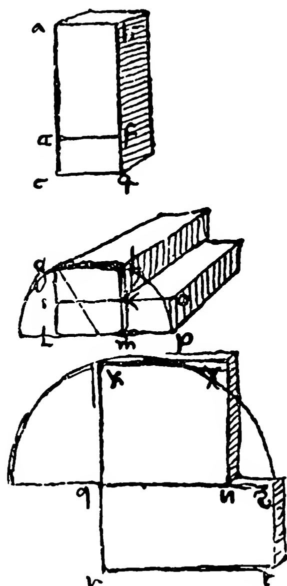


13-е. Удлиненная плита растягивается на еще бо́льшую длину без изменения ширины. Спрашивается, насколько она уменьшает свою первоначальную толщину. Изображенную здесь плиту нужно довести до соответствующего ей квадрата (при помощи 5-го положения 1-й книги). Затем, поскольку при такой квадратуре плита изменила свою первоначальную толщину и [по условию] она должна простираться на данную длину без изменения своей ширины, необходимо, чтобы растяжение получалось благодаря сокращению ее толщины. Вот почему мы растянем в длину на данное расстояние толщину плиты.



Лучше сказать: пусть *acbd* — длина плиты, *pc* — мера ее ширины, *af* — данная длина, на которую нужно растянуть длину первоначальной плиты. Теперь, так как меняться должна толщина, а не ширина, я квадрирую эту толщину плиты *acbd* и образую параллелепипед *nmao* (по 5-му положению 2-й книги). Затем (по 6-му положению) я получаю из квадрата *nmao* толщину и длину плиты *aefg*, выросшей в длину. Затем я верну получившейся плите ее ширину (которую я обозначил *cp*) и так сделаю то, что требовалось (Forst. I, 29об.).

Из параллелепипеда делают квадратную плиту данной толщины. Спрашивается, какова будет ее ширина. Пусть указанный параллелепипед — *abcd*; данная толщина той плиты, в которую он должен

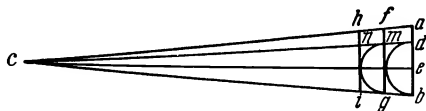


быть преобразован, *ecfd*. Я воображаю, что этот параллелепипед положен горизонтально и на его грани *ghlm* я помечу данную толщину указанной плиты. Это будет *limk*. Затем (на основании 7-го положения 1-й книги) я растяну всю грань параллелепипеда *ghlm* и образую из нее грань плиты *iolp* соответственно данной толщине. Так я получу плиту, длина которой равна длине параллелепипеда, а ширина равна *lp*. Затем я представлю эту плиту в ее собственной форме; это будет *qsrt*. На основании 5-го положения 1-й книги я образую квадрат *xyqu*, который содержит в себе весь объем параллелепипеда. И так мы получим точную и истинную ширину плиты, образованной по данной толщине (Forst. I, 28об.).

[Книга 3-я]

1-е. Все пирамиды одинаковой высоты или расположенные на одних и тех же основаниях равны между собой.

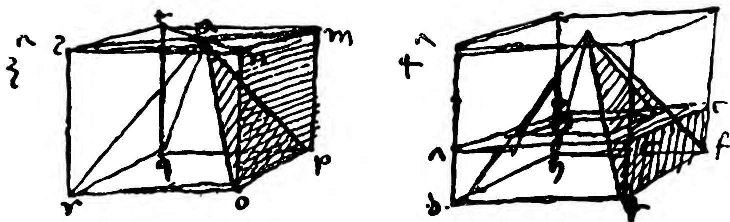
2-е. У пирамид, расположенных на равных основаниях, отношение объемов будет такое же, как и высот.



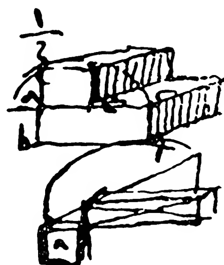
Найти корни бесконечного числа кубов, один из которых вдвое больше другого. Рассеки пирамиду *abc* параллельно основанию на две равные части. Это будет в *fg*. Поставь ножку циркуля на линии *ab*, описав полукруг *dmb*, касающийся линии сечения *fg*. И если ширина пирамиды с одной стороны выходит за пределы полукруга, как, например, в *ad*, доведи этот излишек до вершины пира-

миды,— получится *adc*. Затем черти [новые] полукруги и за каждым проводи прямую, например *hi*. И так продолжай, пока остается пирамида[3] (Forst. I, 28).

3-е. Бо́льшая пирамида, заключенная в параллелепипеде, составит треть этого параллелепипеда. Доказывается посредством этого куба: шесть граней куба между собою равны; следовательно (на основании 2-го положения настоящей книги) пирамида *qproa* вдвое больше пирамиды *nmopa*, ибо первая простирается на всю высоту куба, а вторая — на $^1/_2$ высоты этого же куба.



4-е. Параллелепипед *abcdefgh* равен пирамиде, ибо пирамида составляет $^1/_3$ соответствующего ей параллелепипеда, а указанная часть также составляет $^1/_3$ его.



При данной высоте пирамиды получить куб. Из $^1/_3$ параллелепипеда (равного пирамиде 4-го положения) я, на основании 5-го положения 1-й книги, образую соответствующий параллелепипед, а из параллелепипеда образую куб по 1-му положению 2-й книги.

a есть искомый куб (Forst. I, 27 об.).

5-е. Из куба сделать пирамиду, которая имеет своим основанием грань этого куба и простирается на данную высоту. Эта искомая пирамида, поднимающаяся на данную высоту, невозможна, ибо ее высота содержит

трехкратную высоту куба, не больше и не меньше, как показано в 3-м положении 3-й книги.

6-е. Из многогранной пирамиды сделать четырехгранную. Разложи основание такой пирамиды на столько треугольников, сколько она имеет сторон, квадрируй эти треугольники и сложи вместе все квадраты в один квадрат, на основе предпоследнего положения «Элементов геометрии», и на таком квадрате построй твою пирамиду той же высоты, что и первая. И высота ее не может быть ни меньше, ни больше, нежели высота первой (Forst. I, 27).

7-е. Из куба делают пирамиду данной высоты — меньшей, нежели трехкратная высота этого куба. Спрашивается, насколько шире будет основание пирамиды по сравнению с основанием куба.

Данную высоту указанной пирамиды раздели на три части и доведи высоту указанного куба до высоты одной из этих трех частей. При помощи 5-го положения 1-й книги ты построишь соответствующий кубу натуральный параллелепипед. Затем (на основании 1-го положения 2-й книги) ты преобразуешь параллелепипед в соответствующий куб и тогда найдешь, что основание пирамиды настолько больше основания соответствующего ей куба, насколько основание первой плиты, в которую была преобразована пирамида, больше куба. И так мы нашли то, что нам требовалось.

8-е. Из пирамиды, имеющей высоту более низкую, нежели три стороны ее основания, расположенные в одну линию, образован куб. Спрашивается, насколько у́же по сравнению с основанием пирамиды будет основание такого куба. Из пирамиды нужно сделать плиту высотой в $^1/_3$ этой пирамиды и шириной, равной основанию этой пирамиды. Затем (при помощи 6-го положения 1-й книги) мы сделаем из этой плиты соответствующий ей параллелепипед и (при помощи 1-го положения 2-й книги) из параллелепипеда сделаем этот куб (Forst. I, 26об.).

9-е. Из пирамиды более высокой, нежели три стороны ее квадратного основания, образовать куб. Из этой указанной пирамиды нужно сделать на ее основании параллелепипед, который будет

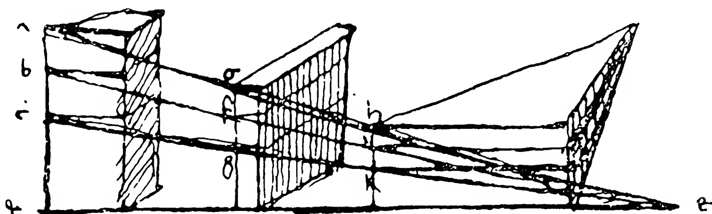
выше, чем названный куб, ибо куб всегда забирает $^1/_3$ высоты соответствующей ему пирамиды. Затем из такого параллелепипеда делают куб, основываясь на 1-м положении 2-й книги настоящего труда.

10-е. Из данного куба сделать пирамиду, высота которой превосходит три ребра такого куба. Это — положение, обратное к предыдущему, но здесь исследование более трудное. А именно: тебе надлежит сделать такую пирамиду, высота которой превосходит три ребра данного куба. Начав эту пирамиду с определенной высоты, ты проведешь ее ребра до сторон основания куба; затем на этом основании ты построишь параллелепипед до $^1/_3$ высоты такой пирамиды, и, так как этот параллелепипед сохраняет природу цилиндра и по объему больше, чем объем куба, таковой же будет и пирамида. Итак, ты видоизменишь, или, вернее, оденешь пирамиду полным соответствующим ей параллелепипедом. То же самое ты сделаешь с пирамидой такой же высоты, которая была преобразуема в соответствующий ей куб, так, как это было показано в 9-м положении 3-й книги. Когда ты оденешь ту и другую пирамиду соответствующим полным параллелепипедом, пирамида 9-го положения будет иметь меньшее основание у параллелепипеда, чем пирамида 10-го. Отними основание девятой от основания десятой; тогда ты удалишь излишек, на который десятая превосходит девятую. Таким образом, десятая станет равна девятой. Отбрось $^2/_3$ параллелепипеда и ты получишь ширину и величину основания твоей пирамиды, равной данному кубу и по высоте равной данной высоте пирамиды. Но лучше сделать так [см. дальше, Forst. I, 24, стр. 51].

11-е. Из квадратной плиты сделана пирамида с квадратным основанием, простирающаяся на данную высоту. Спрашивается, какова ширина указанного основания. Толщину плиты я изменяю, преобразуя плиту в соответствующий параллелепипед (по 6-му положению 2-й книги). Основываясь на 1-м положении 2-й книги, я преобразую этот параллелепипед в соответствующий ему куб. Затем этот куб (при помощи 10-го положения) я преобразую в данную пирамиду (Forst. I, 26—25об).

12-е. Куб, плита или параллелепипед, построенные на основании пирамиды и имеющие высоту, равную $^1/_3$ ее высоты, заключают в себе весь объем соответствующей пирамиды.

13-е. Пирамида преобразована в плиту такой-то высоты. Спрашивается, какова ее ширина. Эта пирамида на основании 12-го положения должна быть посредством 3-го положения преобразована в соответствующий параллелепипед.

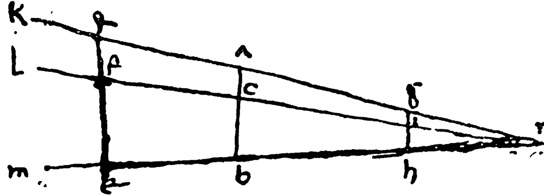


Хотя здесь три тела с параллельными поверхностями боковых граней и рассекаются в рациональных отношениях, не исключена возможность, что прямоугольный треугольник *ade* будет способен рассекать всякое другое тело, сходно расположенное, в самых разнообразных иррациональных отношениях.

Этот прямоугольный треугольник производит удивительное действие в случае тел, образованных прямыми линиями и имеющих квадратную поверхность. В каких бы отношениях между собою эти тела ни находились, он отнимает от каждого из них одну и ту же долю остатка, т. е. $^1/_3$, $^1/_4$ или $^1/_5$ от каждого, иначе говоря, то, что он делает с первым, более высоким, он делает и со всеми другими. (Forst. I, 25).

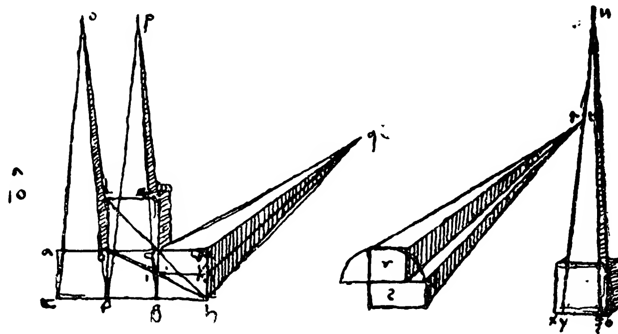
Я хочу рассечь бесконечное число линий в том же самом отношении, в каком разделена определенная данная линия. Пусть дана линия *ab*, разделенная в *c* на две части в данном отношении, рациональном или иррациональном, каком угодно. Мне нужно рассечь две другие линии, бóльшие и меньшие, чем она, в том же самом отношении. Из точки *n* я проведу три прямые линии на неопределенное рас-

стояние; это будут линии *nk*, *nl* и *nm*. Из этих линий две проходят через концы данной линии *ab*, а третья — через точку деления *c*. Они



рассекут все линии, находящиеся между обеими крайними параллельными линиями в том же отношении, в каком была рассечена первая линия *ab* в точке *c* (Forst. I, 24об.).

Пусть из куба сделана пирамида, простирающаяся на такую данную высоту, которая превосходит три ребра куба вместе взятых[4].



Спрашивается, насколько более узко основание пирамиды по сравнению с основанием соответствующего ей куба. Пусть куб, из которого надлежит сделать пирамиду, будет *abef*, а пирамида, которая [по высоте] превосходит три ребра куба, расположенных в одну линию, пусть будет *ofe*. Затем по [12-му] положению настоящей книги нужно сделать пирамиду в соответствующем ей натуральном параллелепипеде, простирающемся до одной трети высоты такой пирамиды.

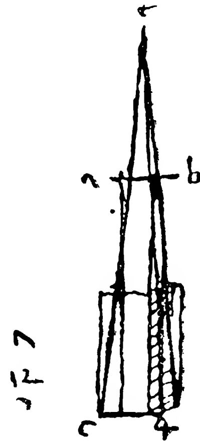
Это будет параллелепипед *lmfg*. Он значительно превосходит куб по величине. Теперь по ⟨...⟩ положению настоящей книги я построю прямоугольный треугольник *lgh* и проведу его гипотенузу *lh*, которая пересечет угол куба *cdgh* в точке *c*. Затем я разделю катет *lf* в точке *b*, где параллелепипед *lmfg* начинает превышать данный куб *befg*, и отложу в углу *h* линию *bh*, соответствующую этому избытку. Так посредством линии *bh* я разделю основание пирамиды в точке *i* в таком отношении, в каком разделил соответствующий ей параллелепипед, и отниму у этого основания излишек *cdik*. У меня останется *ikghq* с доподлинным объемом той самой материи, которая входила в состав первого куба. А так как подобное основание пирамиды не является квадратным, я его квадрирую, сохраняя тот же объем (согласно 5-му положению 1-й книги), а затем пирамида будет поставлена данной своей длиной [высотой] вверх и будет равна соответствующему кубу, как показывает *uyz*. Избыток же, который имеет основание куба по сравнению с основанием пирамиды, показан в *xyzo*. Так мы удовлетворим требованию.

Тот же самый прямоугольный треугольник годится в тех случаях, если одна линия или величина растет или уменьшается у нас настолько, насколько уменьшается другая линия или другая величина. Это показывает фигура параллелепипеда *lmfg*, от которого был отнят первый куб *bcfg*, составлявший половину такого параллелепипеда. Здесь линия *cg*, рассеченная в том же отношении, как и первая линия *lbf*, делит основание пирамиды *cdghq* на две равные части, и таким образом от пирамиды отнимается такая же часть, какую я отнял у параллелепипеда (Forst. I, 24).

11-е. Из параллелепипеда сделать пирамиду данной высоты так, чтобы длина этой высоты превосходила три высоты указанного параллелепипеда, сложенных вместе. Эта 11-я задача решается тем же в точности способом, каким решалась 10-я.

12-е. Из пирамиды сделать параллелепипед данной высоты. Пусть пирамида будет *cde*; данная высота того параллелепипеда, в который надлежит преобразовать объем пирамиды, пусть будет *ab*. Эту пира-

миду нужно превратить в соответствующий ей натуральный параллелепипед (согласно 12-му положению настоящей 3-й книги); затем (на основании 5-го положения 2-й книги) из этого параллелепипеда мы сделаем более длинный, который простирается на требуемую высоту,— и тогда все готово (Forst. I, 23).



13-е. Из пирамиды делают квадратную плиту данной толщины. Найти ее ширину. Из данной пирамиды я сделаю параллелепипед высотою в $^1/_3$ ее высоты, а из этого параллелепипеда я сделаю плиту данной толщины (при помощи 7-го положения 1-й книги). И так как подобная плита не оказывается квадратной (что требуется условием), я квадрирую ее, основываясь на 5-м положении 1-й книги. Вот так я и удовлетворю требованию.

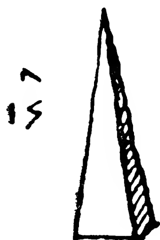
14-е. Из пирамиды делают квадратную плиту данной ширины. Спрашивается, какова ее толщина. Отвечая на этот вопрос, я преобразую пирамиду в соответствующий ей натуральный параллелепипед, а из параллелепипеда, как и раньше, сделаю соответствующую плиту данной толщины. И так как подобная плита не окажется квадратной, я ее квадрирую (по 6-му положению 2-й книги). Так я выполню задачу.

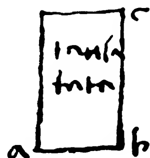
Или же так: торцовую грань, которая не приходится вровень, т. е. превосходит данную ширину плиты, я (согласно 5-му положению 1-й книги) превращу в основание соответствующего параллелепипеда, а затем (согласно 6-му положению 1-й книги) растяну основание параллелепипеда на данную длину торцовой стороны плиты (Forst. I, 22об.).

Ты напишешь все положения, обратные к этим, отдельно от них.

15-е. Из пирамиды делают плиту данной длины и ширины. Найти ее толщину. Я преобразую пирамиду в соответствующий ей параллелепипед и придам ему ширину плиты *ab*. И так как длина парал-

лелепипеда не получилась равной данной длине плиты *bc*, я преобразую грань параллелепипеда, придав ему толщину, равную стороне *bc*, и длину, равную ширине плиты *ab*, а затем (согласно 6-му положению 1-й книги) вновь растяну параллелепипед до конца той длины, которую должна иметь указанная плита. Тогда получится хорошо.





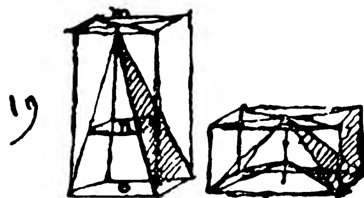
16-е. Из пирамиды делают плиту данной толщины и длины. Спрашивается, какова будет ее ширина. Из пирамиды я сделаю соответствующий ей параллелепипед и растяну его (согласно 2-му положению 2-й книги) до данной длины плиты; затем я понижу грань этого параллелепипеда до данной толщины плиты и сделаю это согласно 7-му положению 1-й книги. Так я выполню свою задачу (Forst. I, 22).

17-е. Пусть основание пирамиды будет уменьшено до данной ширины. Спрашивается, насколько эта пирамида возросла в длину [высоту]. Я сделаю параллелепипед пирамиды; согласно 1-му положению 2-й книги сделаю из этого параллелепипеда куб, а затем (по 3-му положению этой 2-й книги) я сокращу куб до данной толщины, которая здесь требуется для пирамиды. Так я получу параллелепипед, грань которого равна основанию пирамиды. Затем я сделаю пирамиду высотой в три высоты этого параллелепипеда и таким образом растяну пирамиду настолько, насколько требовало сокращение ее основания.

18-е. Основание пирамиды расширяют до данной ширины. Спрашивается, насколько уменьшается высота. Я сделаю параллелепипед, равновеликий объему пирамиды, и преобразую его в куб. Затем растяну названный куб (по 2-му положению 2-й книги) до данной ширины основания. Затем (согласно 6-му положению 1-й книги) другую грань такого куба, удлиненного до параллелепипеда, я ра-

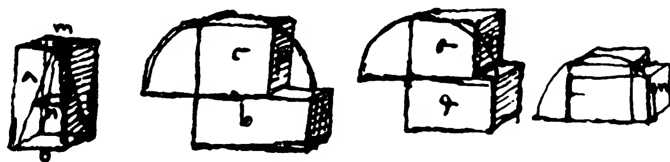
стяну соответственно данной ширине основания и получу тогда в результате квадратную плиту, три высоты которой составляют высоту данной пирамиды (Forst. I, 21об).

19-е. Если пирамиду понижают до данной высоты, то спрашивается, как возрастает ее основание. Пусть пирамиду *от* надлежит понизить до высоты *по*. Я облеку ее параллелепипедом, равным ее высоте *то*, и буду продолжать так, как показано ниже.



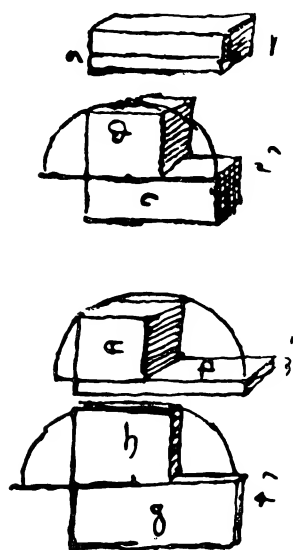
То, что сказано, выводится из 2-го положения настоящей книги.

а — пусть будет параллелепипед, который облекает данную пирамиду. Я преобразую его [грань] в соответствующий ему квадрат при помощи 5-го положения 1-й книги; тогда *b* будет преобразовано в *с*. Теперь может случиться, что *с* не окажется на грани *р* столь же высоким, сколько требует этого высота данной пирамиды. Тогда я поверну *с* стороной *р* в положение *d* и произведу квадратуру согласно 5-му положению 1-й книги. Получится *е*. Так как *е* пред

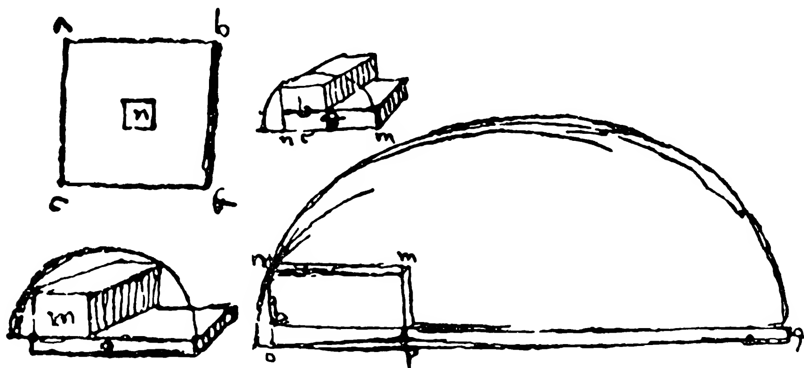


ставляет грань *р*, которая по высоте не находилась на одном уровне с данной высотой пирамиды, и это *е* там также не приходится, я сокращу *е* в длину, до высоты *оп* (согласно 6-му положению 1-й книги). А так как грань *п* представляет ширину основания укороченной пирамиды и не является квадратной, я ее квадрирую (по 1-му положению 1-й книги) и получу куб (solido), от которого отниму бóльшую пирамиду, которую он вмещает. Так я достигну желаемого, сделав *п* основанием пирамиды (Forst. I, 21—20об.).

Относительно квадратной плиты, утоняемой до данной толщины, спрашивается, насколько возрастает ее квадратная поверхность. Первый рисунок сверху — данная квадратная плита. Линия *ab* — данная толщина, до которой плита должна быть утонена, оставаясь квадратной; *c* — та же первая плита, обращенная в соответствующий ей квадрат *d*; *e* — тот же квадрат *d*, преобразованный в плиту данной толщины *f*, которая оказывается в длину большей, нежели в ширину; *g*—эта же самая удлиненная плита, которая преобразуется в квадратную *h*,— плита имеет ту же данную толщину, но квадратна, а это и есть то, чего мы добивались (Forst. I, 20об.).



Из квадратной плиты делают параллелепипед данной толщины, а затем спрашивают, какова длина получившегося параллелепипеда. Пусть из квадратной плиты *abcd* нужно сделать параллелепипед



данной толщины *n*. Итак, стало быть, из толщины этой плиты я сделаю параллелепипед той же длины, что и эта плита (при помощи

5-го положения 1-й книги настоящего труда). Это будет параллелепипед *m*, а толщина такой плиты будет *o*. Затем я перенесу этот параллелепипед *m* вниз, в *b*, и на его торце обозначу толщину параллелепипеда *n*. Это будет *bc*. По 7-му положению книги я понижу грань *b* второго параллелепипеда до высоты *bc* и найду, что эта грань растянулась в *nm* и параллелепипед получился в виде плиты, длина которой равна плите *abcd*, ширина — такова, как показывает *nm*, а толщина — такая же, какова и толщина данного параллелепипеда *n*. Теперь я перенесу ту же плиту в ее собственном виде вниз, это будет *nmop*. На ширине ее я вновь помечу толщину данного параллелепипеда *n*, и это будет *bo*. Сделав это, я снова применю 7-е положение 1-й книги, при помощи которого растяну плиту *nmop* при ширине, показанной в *bo*. Получившееся растяжение будет *od*. И такое растяжение содержит в себе искомый, помянутый выше параллелепипед.

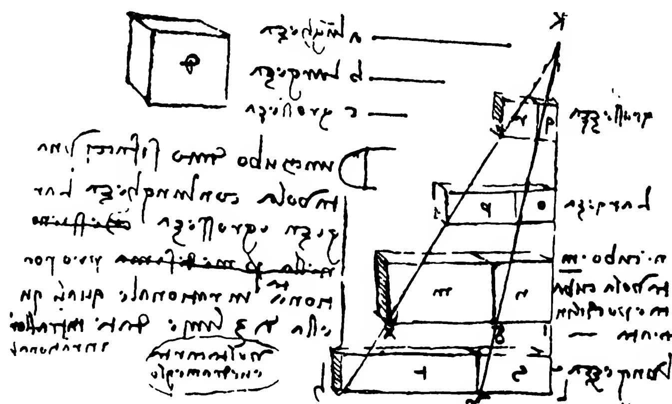
И если бы ты захотел вновь сделать из такого параллелепипеда пирамиду с основанием, равным его грани, тебе надлежало бы сделать эту пирамиду втрое длиннее, нежели соответствующий ей параллелепипед, ибо наибóльшая пирамида, которая может быть построена в параллелепипеде, составляет $^1/_3$ объема этого параллелепипеда. Итак, три таких пирамиды, равны указанному параллелепипеду. Итак, одна пирамида, построенная на грани параллелепипеда и имеющая высоту втрое бóльшую, нежели высота указанных пирамид, содержит в себе все три их в точности (Forst. I, 20—19об.).

Из параллелепипеда делают квадратную плиту данной ширины. Спрашивается, насколько этот параллелепипед укоротится в длину (Forst. I, 19).

Из данного куба делают плиту, длина, ширина и толщина которой находятся в иррациональных отношениях, равных иррациональным отношениям между тремя данными линиями. Переверни лист и поймешь лучше.

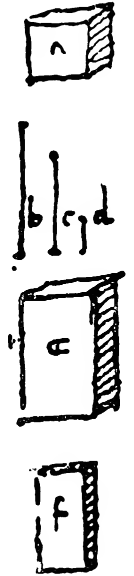
Представь данную пропорцию трех линий *a*, *b* и *c* в виде плиты. Затем (на основании 5-го положения 1-й книги) ты сделаешь из этой плиты соответствующий ей параллелепипед. Далее (на основании

1-го положения 2-й книги) сделаешь из этого параллелепипеда соответствующий ему куб. Сделав это, ты (на основании 3-го положения 2-й книги) сделаешь из куба параллелепипед данной толщины, который будет равен первому данному кубу *d*. Таковы *n* и *m*, из них *n* — первый данный куб, *m* — первоначальная плита, построенная на основе иррациональной пропорции трех данных линий *a*, *b* и *c*, —плита, которая была затем обращена в куб, а затем в параллелепипед *m*, равный по толщине кубу *n*. Теперь посмотрим, каково

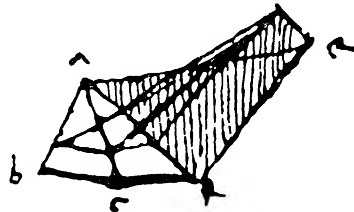


отношение первого данного куба к плите, построенной из трех данных линий *a*, *b* и *c*, т. е. отношение *ig* к *gx*. Для этого проведем три линии, позволяющие судить о пропорциональности[5]; это будут линии *kl*, *kv* и *kh* и они пройдут через три границы *i*, *g* и *x*, отделяющие друг от друга два члена пропорции *n* и *m*. Затем я возьму первую данную линию *a* и помещу ее там, где она в точности укладывается между тремя линиями, определяющими пропорциональность. Это будет в *vh*. Тогда станет ясно, что *lv* так относится к *vh*, как выше находящийся параллелепипед *m* относится к кубу *n*. Таким образом я найду длину искомой плиты в *lv*, каковое *lv* относится к *vh* так же, как вверху относятся *n* и *m*. Далее, я возьму ширину линии *b* и расположу ее там, где она умещается между определяющими линиями, а именно в *p*, и тогда буду иметь *o*, которое окажется шириной

плиты *s*. Наконец, я возьму линию *c* и помещу ее между определяющими линиями там, где она умещается, а именно в *r*, и против нее придется *q*, которое показывает своей наименьшей толщиной, какова толщина плиты, имеющей длину *s* и ширину *n*. Так мы построим плиту с длиной, шириной и толщиной, пропорциональными той длине, ширине и толщине, которые представлены данными тремя линиями *a*, *b* и *c*. И так мы выполнили задачу (Forst. I, 18—17об).



Из куба сделать прямоугольную плиту, толщина, ширина и длина которой должна находиться в том же самом иррациональном отношении, в каком находятся три данные линии. Построй плиту из трех данных линий *b*, *c*, *d*. Такова плита *e*. Из этой плиты (по 5-му положению 1-й книги) ты сделаешь параллелепипед *f*, а из такого параллелепипеда (по 1-му положению 2-й книги) сделаешь соответствующий ему куб. И так как подобный куб может оказаться больше или меньше данного куба, ты сделаешь параллелепипед из того куба, который по толщине больше, чем меньший (пользуясь 3-м положением 2-й книги). Соедини их гранями вполне друг с другом и ты получишь из куба и параллелепипеда один параллелепипед, с которым при помощи трех определяющих пропорциональность линий ты поступишь так же, как было описано на предыдущей странице (Forst. I, 17).

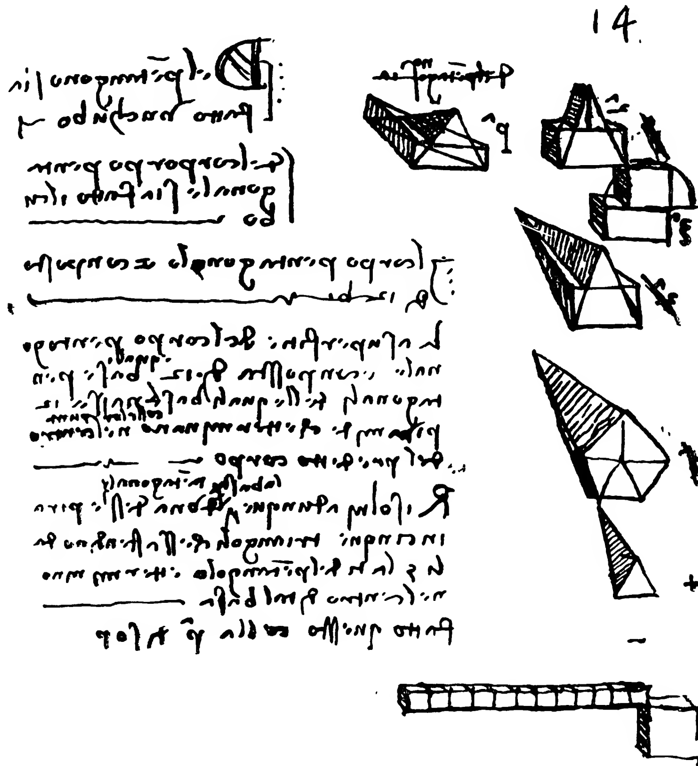


Кубическая плита или параллелепипед, построенные на всем основании пирамиды и имеющие высоту, равную $1/3$ ее высоты, будут по объему равны такой пирамиде.

Также кубическая плита или параллелепипед, построенные на всем основании клина и имеющие высоту, равную $1/2$ его высоты, будут равны телу [т. е. объему] такого клина.

Всякую пирамиду с асимметричными гранями (piramide disformemente laterata) надо делить в основании на два треугольника, если она четырехгранная, и продолжать такое же деление ее вплоть до угла. Такова, например, пирамида *abcde*, основание которой — *abcd*, а угол — *e* (Forst. I, 16об.).

Из пятигранника сделаю куб.



Из пятиугольного тела сделать куб.

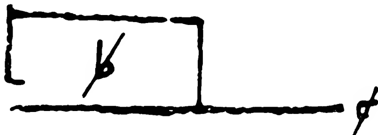
Пятиугольное тело состоит из 12 оснований. Поверхность пятиугольного тела состоит из 12 равных пятиугольных оснований. Из

этих оснований получается 12 пирамид, которые кончаются своими вершинами в центре указанного тела.

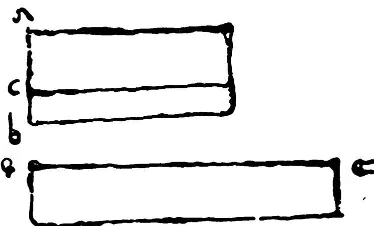
Итак, разложи пятиугольное основание одной из этих пирамид на пять треугольников, которые простираются от пяти сторон пятиугольника до центра такого основания. Сделав это, на основании 1-го положения выше ⟨...⟩ (Forst. I, 16).

Из куба сделать пирамиду таких пропорций, каковы пропорции данной пирамиды. *a* — пусть будет данный куб, *b* — данная пирамида, в которую надлежит преобразовать данный куб. Итак, ты сделаешь ⟨...⟩ (Forst. I, 15об.).

Правильных тел — пять, а промежуточных между правильными и неправильными, равно как и неправильных, бесконечно много. Ибо каждый срезанный угол обнажает основание пирамиды со столькими сторонами, сколько граней у такой пирамиды, а углов получается столько, сколько граней. Эти углы вновь могут быть срезаны и так можно продолжать до бесконечности. В свою очередь неправильные тела также бесконечны по той же самой вышеприведенной причине (Forst. I, 15).



Насколько удлиняется плита, которая суживается до определенных пределов без изменения толщины? Пусть мы имеем плиту *ab*, которая должна сузиться до ширины *ac*. Чтобы найти ее удлинение, я ее преобразую в квадратную (по 5-му положению 1-й книги) и на высоте этого квадрата обозначу промежуток, до которого данная плита должна сузиться, а потом (на основании 7-го положения 1-й книги) я вытяну ее на соответствующую длину (Forst. I, 13об.).



Все тела имеют три измерения, а именно: ширину, толщину и длину.

1-е
происходит от утолщения и утонения.

2-е
происходит от укорачивания и утонения.

3-е
происходит также от укорачивания и удлинения.

Всех изменений и преобразований (travagliamenti) тел — шесть, а именно: укорачивание и удлинение, утолщение и утонение, расширение и суживание.

Поверхность имеет ширину и длину и нигде не имеет толщины.

Плита есть плоское тело, и она имеет ширину, длину и везде толщину.

Итак, если плита имеет везде одинаковую толщину и поверхность однородного качества, мы можем обращаться с ней при всех ее переделках и дроблениях совершенно так же и по тем же правилам, какими мы пользуемся в случае поверхностей (Forst. I, 12об.).

2 1 укорачивается, не меняет толщину, насколько расширяется?
2 укорачивается, не меняет ширину, насколько утолщается?
1 3 удлиняется, не меняет толщину, насколько суживается?
4 удлиняется, не меняет ширину, насколько утоняется?
5 5 утолщается, не меняет длину, насколько суживается?
6 утолщается, не меняет ширину, насколько укорачивается?
6 7 утоняется, не меняет длину, насколько расширяется?
8 утоняется, не меняет ширину, насколько удлиняется?
3 9 расширяется, не меняет длину, насколько утоняется?
10 расширяется, не меняет толщину, насколько укорачивается?
4 11 суживается, не меняет длину, насколько утолщается?
12 суживается, не меняет толщину, насколько удлиняется?

Способ ставить вопросы:

Если данная плита укорачивается до определенного предела без изменения ширины, насколько она утолщается? (Forst. I, 12).

13 укорачивается и утолщается, насколько расширяется?
14 укорачивается и утоняется, насколько расширяется?
15 укорачивается и расширяется, какова будет толщина?
16 укорачивается и суживается, насколько утолщается?
17 удлиняется и утолщается, насколько суживается?
18 удлиняется и утоняется, насколько расширяется?
19 удлиняется и расширяется, насколько утоняется?
20 удлиняется и суживается, насколько утолщается?
21 утолщается и расширяется, насколько укорачивается?
22 утолщается и суживается, насколько удлиняется?
23 утоняется и расширяется, насколько удлиняется?
24 утоняется и суживается, насколько удлиняется?
25 утолщается и удлиняется, насколько суживается?
26 утолщается и укорачивается, насколько расширяется?
27 утоняется и удлиняется, насколько суживается?
28 утоняется и укорачивается, насколько расширяется?

Способ ставить вопросы:

При укорачивании и утолщении данной плиты до данных пределов какова будет ее ширина?[6] (Forst. I, 11об.).

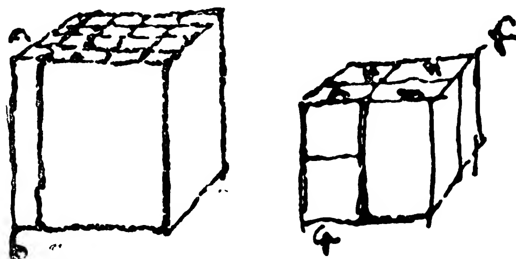
Когда плита удлиняется до данного предела без изменения толщины (Forst. I, 11).

Из куба сделать тело с 12 равными пятиугольными основаниями. Это задача обратная к предыдущей [см. ниже, Forst. I,7] и решается обратным путем, ибо куб ты разложишь на 12 равных параллелепипедов, разделив грань куба на 12. Сделав это, ты квадрируешь лицевую грань параллелепипеда (согласно 5-му положению 1-й книги). Затем расположи на одной прямой 12 параллелепипедов, подобных указанному, и (на основании 1-го положения 2-й книги) ты сделаешь из такого параллелепипеда требуемый куб.

Такое правило годится для 5 правильных тел, ибо их основания равны. Но для других тел, грани которых не равны, оно не годится, прежде чем ты не сделаешь 2 или 3 вида параллелепипедов, посредством 2 или 3 видов оснований того тела, которое ты хочешь преоб-

разовать в куб. Затем нужно обратить в куб параллелепипед (по 1-му положению 2-й книги); а потом (и по 3-му положению 2-й книги) ты сделаешь этот параллелепипед толщиною, равной толщине другого, меньшего параллелепипеда. Так ты сделаешь три параллелепипеда одинаковой толщины. Затем ты поставишь параллелепипеды, приведенные к одной толщине, на одной прямой и тогда получишь удлиненный параллелепипед (Forst. I, 9об.—9).

Посредством прибавления и убавления можно сделать то, что ищется здесь ниже. Из параллелепипеда (cilindro quadrilatero)



сделать куб. Посмотри сначала, является ли боковое ребро лицевой [торцовой] грани аликвотной частью длины[7], и если нет, сделай ее такой. И поступишь ты следующим образом и т. д.

Сначала сделай, чтоб лицевая грань параллелепипеда была аликвотной частью одной из ее боковых граней, и допустим, что *cd* есть его боковая грань, вдвое бо́льшая его лицевой грани *c*. Куб будет вчетверо больше параллелепипеда. Следовательно, если ты сделаешь куб вчетверо меньший, нежели больший куб *f*, у тебя будет квадратура параллелепипеда *cd*. Следовательно, возьми корень кубичный вчетверо меньший, нежели корень большего куба *df*, и у тебя будет то, что нужно. Такой корень определяют по известному правилу, каковое пока еще не есть геометрическое. А вот таким образом, добавляя *e*, *n* и *m* к параллелепипеду *cd*, я сделал куб, который по объему вчетверо больше параллелепипеда *cd*. Тем самым я узнал величину кубического корня *cd*. Определяя кубичный корень, вчетверо

меньший, чем кубичный корень куба, ты можешь сделать вчетверо меньший куб. И получить такой результат нельзя каким-либо другим путем (Forst. I, 8об.).

Преобразование

Порядок 5 правильных тел[8]

Существует 5 правильных тел, а именно:

тело с 4 треугольными равносторонними основаниями

тело с 6 квадратными равносторонними основаниями

тело с 8 треугольными равносторонними основаниями

тело с 12 пятиугольными равносторонними основаниями

тело с 20 треугольными равносторонними основаниями

Книга 1-я. Куб преобразуется в 4 правильных тела 4

Тело с 4 треугольными основаниями преобразуется в 4 правильных тела 4

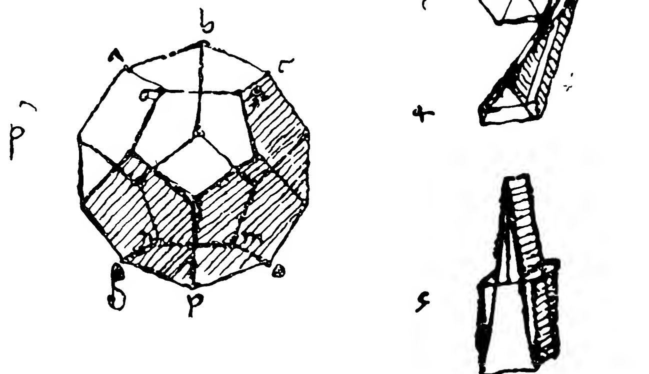
то же — тело с 8 основаниями в 4 других 4

и также — тело с 12 пятиугольными основаниями 4

и, наконец,—тело с 20 треугольными основаниями делает то же 4 (Forst. I, 7об.).

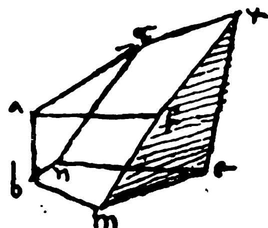
Из тела с 12 равными пятиугольными основаниями сделать куб. Поверхность тела с 12 равными основаниями состоит из 12 пятиугольных оснований. Я разложу названное тело на 12 пирамид и вышепомянутые основания станут основаниями таких пирамид. Сделав это, я разложу одну из этих пятигранных пирамид на 5 пирамид с треугольными основаниями, что будет сделано путем разложения пятиугольника, являющегося основанием первой пирамиды, на 5 равных треугольников. Затем я придам одной из 5 пирамид форму клина, как показано на 4-м рисунке [см. стр. 66]. Затем из клина я сделаю четырехгранный цилиндр, как показано на 5-м рисунке. Потом 5 таких одинаковых цилиндров я расположу на одной прямой и (по пятому положению 2-й книги настоящего сочинения) я сделаю куб. Сделав это, я расположу на одной прямой 12 таких кубов и получу параллелепипед, равный по своему объему данному телу с 12 основаниями.

Из этого параллелепипеда затем (согласно 1-му положению 2-й книги) я сделаю обещанный куб. Впрочем то же самое можно было сделать из 60 первых параллелепипедов, получающихся из трехгранных пирамид. Это было бы одно и то же, но это слишком долго (Forst. I, 7).

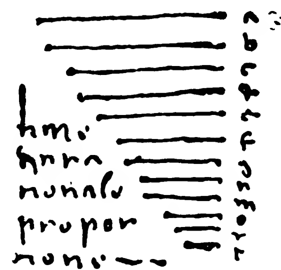


Обратить в куб тело с 6 основаниями, грани которого ограничены 12 разными линиями, стоящими друг к другу в иррациональном отношении [см. рис. на стр. 67]. Всякое тело с 6 основаниями имеет 6 четырехугольных оснований и каждое из этих оснований ограничено 4 прямыми линиями, а всякая линия является общей двум из них,— потому одно основание со своими 4 линиями граничит с 4 другими основаниями. И при образовании этого тела из 6 оснований всякий конец одного ребра граничит с двумя концами двух других линий. Из 12 данных линий 4 ограничивают верхний четырехугольник, 4 — четырехугольник основания, а 4 проходят от углов основания к углам верхнего четырехугольника. Так мы распределили 12 данных линий. Я утверждаю: если 6 оснований куба[9] ограничены этими 12 данными линиями неизвестной длины и находящимися в неизвестной пропорции

и если эти линии сочетаются друг с другом во всех разнообразных сочетаниях, какие только возможны, то они всегда будут замыкать 6 поверхностей, объемлющих кубический объем (cubo) одной и той же величины и веса. И при помощи тех же самых линий можно произвести 5054 разных преобразований, но всегда они будут содержать ту же самую материю (Forst. I, 6об.).



Увеличить квадратную плиту на $^1/_3$ ее величины так, чтобы она осталась квадратной и той же толщины. В соответствии с 6-м положением 1-й книги я растяну плиту *a* на длину, которая будет равна трем ширинам этого квадрата *a*. Сделав это, я добавлю к ней одну часть, равную одной из названных третей. Так, пусть плита *a* будет растянута в длину согласно 6-му положению 1-й книги до длины *ab*; эта длина будет разделена на три равные части; затем я к ней добавлю спереди часть *bc*, ширина которой та же самая, что и других трех. Сделав это, я при помощи 5-го положения 1-й книги обращу параллелограм *ac* в квадрат и получится квадрат *b*.



Отнять у квадратной плиты данную величину так, чтобы плита осталась квадратной. Это положение — обратное к выше приведенному. Растянем такой квадрат в длину согласно 6-му положению 1-й книги, отнимем данную величину, а потом (при помощи 5-го положения 1-й книги) вернем параллелограм к форме соответствующего ему квадрата (Forst. I, 5об.).

Отними от одного из пяти правильных тел такое же тело так, чтобы остаток был таким же телом. Я хочу отнять данный пятигранник (pentangolo) от другого пятигранника, чтобы остаток сохранил форму пятигранника. Преобразуй данный пятигранник в соответствующий

ему куб и так же поступи с бо̂льшим пятигранником, от которого ты должен отнять меньший. Затем, по ранее приведенным правилам, отними меньший куб от большего, а потом преобразуй в пятигранник остаток от большого куба, каковой по вышепомянутым правилам сделан кубическим. То, что здесь сказано о кубе, применимо ко всем телам, которые своими углами касаются сферы, ибо то, что сделано в сфере, может быть сделано в кубе (Forst. I, 5).

Я хочу извлечь корень квадратный из 10. Найди два числа, каждое из которых, будучи умножено на самого себя, затем при суммировании их произведений дает 10. Таковы 3 и 1. По ним мы начертим две линии, соединяющиеся под прямым углом, и посредством гипотенузы построим прямоугольный треугольник Пифагора. Тогда мы получим, что эта гипотенуза равна корню из 10.

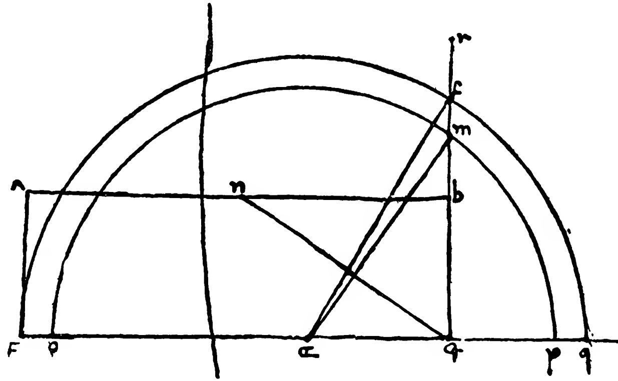
А фигура, которая в точности дает любой корень какого бы ни было дробного числа,— последняя из 2-й книги «Начал геометрии»... (Forst. I, 4об.).

...о двух кубах, один из которых вдвое больше другого, как доказывается в 4-м положении «Элементов машин» (Elementi machinali), мною написанных (С. А., 58 а).

Удвой четырехугольник, образуемый диагональным сечением данного куба, и у тебя будет диагональное сечение куба, вдвое большего, чем данный: удвой одну из двух квадратных площадей, образуемых при диагональном сечении куба[10].

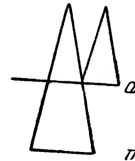
Другое доказательство, данное Платоном делосцам, не геометрическое, потому что оно ведется при помощи инструментов — циркуля и линейки, и нам его дает опыт; но это доказательство всецело мысленное и, следовательно, геометрическое (F, 59).

fd есть корень квадратный параллелограма *abcd*, *mr* есть корень кубичный параллелограма *abcd*, и круг *omp* не доходит [до *r*], ибо на линии *dr* он проходит через *em*. Возвращаясь к сказанному: кубичный корень любого тела с параллельными ребрами и имеющего все грани прямоугольные и параллельные — к нему относится вышенаписанное правило[11].



Четырехугольник *abcd* — толщина тела с квадратными основаниями, т. е. параллелепипед. Сначала я произведу квадратуру поверхности *abcd*, согласно последнему положению 2-й книги Евклида, чтобы найти середину линии *cq*, каковой будет точка *e*, и опишу круг *cfq* около точки *e*. Там, где этот круг пересекается с прямой неопределенной длины *dr*, в точке *f*, там кончается на *fd* корень квадратный из параллелограма *abcd*. А кубичный корень параллелепипеда, гранью которого является поверхность *abcd*, будет найден, если циркулем ты возьмешь расстояние от угла *d* до середины длины параллелограма *abcd* в точке *n*: отложи его от центра круга *cfq* до встречи с линией *rd* и [конец] окажется в точке *m*. Так, *md* будет искомый кубичный корень параллелепипеда *abcd* (Forst. I, 14об).

Витрувий говорит, что маленькие модели ни в одном своем действии не соответствуют эффекту больших. Здесь ниже я намерен показать, что это заключение ложно, и в особенности приводя те самые основания, при помощи которых он выводит подобное суждение, а именно при помощи опыта с буравом (trivella). Витрувий посредством него показывает, что если силою человека сделано отверстие, имеющее определенный диаметр, а затем другое отверстие с вдвое бо́льшим диаметром, то для второго потребуется не вдвое бо́льшая сила этого человека, а гораздо более значительная. Однако на это можно прекрасно ответить, указав, что бурав вдвое больший по фигуре не может приводиться в движение вдвое большей



силой, поскольку поверхность всякого тела, имеющего ту же фигуру и вдвое бо́льшую величину, имеет площадь вчетверо бо́льшую по величине, как показывают обе фигуры *a* и *n*. В этом случае при помощи обоих буравов удаляется из сделанного ими отвер-

стия одинаковое по толщине количество дерева, но так как отверстия или буравы вдвое больше один другого, то по площади и по силе они стоят друг к другу в отношении 4 : 1 (L, 53об.—53).

О квадратуре овальной фигуры. При знании квадратуры круга будет возможным сразу же дать квадратуру овальной фигуры. Эта фигура *nmps* изображена здесь, и она вдвое больше круга *abcd*, как было доказано [ниже]. Итак, мы построим круг вдвое больший указанного и равновеликий ему квадрат,— тогда подобная квадратура будет равна овальной фигуре. И то же самое посредством движения получится для частей сферы и образуемого в этом случае овального тела и т. д. [см. рис. на стр. 70].

На основании правила этого движения можно построить овальную фигуру, стоящую в любом отношении к данному кругу. Но нужно делать это при помощи пропорциональных циркулей, которые двойные...

Овальной фигурой называется такая, которая окружена одной единственной кривой линией; в середине ее находится точка, на униформно-дифформном расстоянии от этой опоясывающей линии.

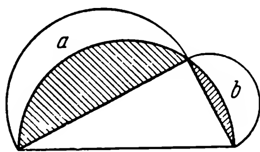
Правило построения этой овальной фигуры заключается в том, что все параллели полукруга *abcf* должны быть перенесены на *abcd*, без поперечных линий. И знай, что площадь *abcd* равноценна полукругу *abc*. Отсюда следует, что овальная фигура очерчивает площадь, равноценную двум кругам и т. д. [см. правый рис.].

Одна и та же величина площади может приобретать периметр, растущий до бесконечности. Так, при преобразовании круга диаметром в фут в парал[лелограм] длиною в милю, он получит периметр [примерно] в две мили.

Правильный овальный круг. Посредством прямолинейного движения здесь доказывается, что овальная фигура вдвое больше круга, расположенного в том же самом параллелограме (parallello), что и такая овальная фигура. Это доказательство станет вполне убедительным, если вообразить, что круг разделен на весьма узкие параллели, в виде тончайших волос, находящихся

в непрерывном соприкосновении один с другим, и что движение каждой параллели в точности удваивается на той же параллели *cdef*. Следовательно, из круга, заключенного в квадрате *abcd*, мы сделали овальную фигуру, заключенную в параллелограме (parallello) *abef*, каковой параллелограм был образован из двух квадратов, равных квадрату *abcd* [см. левый рис. на стр. 70] (С. А., 369об. а).

Здесь всегда два полукруга *a* и *b*, вместе взятые, равны третьему, в который вписан прямоугольный треугольник. А если от равных вещей отнять равные части, остатки будут равны. Следовательно, если отнять заштрихованные части (каковых две) от *a* и от *b*, останутся луночки. Затем, если отнять заштрихованную часть от большого полукруга, равного двум вышеуказанным, то следует, что прямоугольный треугольник окажется равным обеим луночкам *a* и *b*. Остается дать каждой луночке такую часть прямоугольного треугольника, которую можно обратить в квадрат. Это будет сделано при помощи угла пропорциональности (С. А., 142об. b).

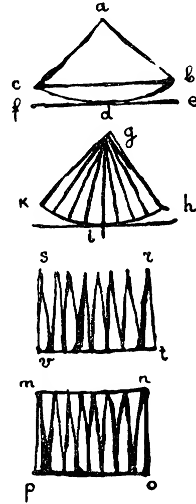


Закончив здесь на странице описание различных способов квадрировать круги, т. е. указывать квадраты, по вместимости равные вместимости круга, и дав правила, как нужно действовать в этом направлении до бесконечности, теперь я начинаю книгу «О геометрической игре» и даю также приемы, позволяющие продолжать это до бесконечности (С. А., 45об. а).

О геометрической игре. Здесь описаны приемы, позволяющие производить бесконечное разнообразие квадратур в случае поверхностей, ограниченных кривыми линиями. Квадрат есть конец преобразования геометрических поверхностей (С. А., 98об. b).

Кончено июля 7 дня, в 23 часа, в Бельведере, в комнате для занятий, устроенной для меня [Джулиано Медичи] Великолепным, 1514 (С. А., 90об. а).

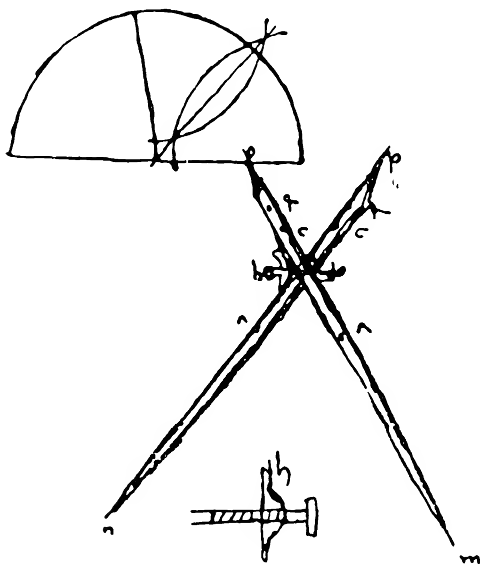
Квадратура сектора *lv*. Придай треугольник *abc* к сегменту *bcd* и раздели его на секторы, как показано на 2-й фигуре *ghlk*; затем разъедини углы секторов друг от друга так, чтобы расстояние между этими углами было равно выпрямленным основаниям этих секторов. Затем придай секторам 3-й фигуры *rstv* столько же секторов, т. е. равновеликую им площадь, и ты образуешь четырехугольник *nmop*. Когда четырехугольник 4-й фигуры будет образован, отними половину, и ты отнимешь приданные секторы; и останется величина, равная 2-й фигуре *ghlk*, которая будет квадратной. Далее ты отнимешь от этого квадрата столько, сколько занимает площадь треугольника первой фигуры *abc*, и у тебя останется квадрированный сегмент круга, т. е. *bcd*, криволинейная сторона которого выпрямилась при движении на прямую *edf*. [На полях] Вот единственное и верное правило дать квадратуру части круга, меньшей его половины (E, 25).



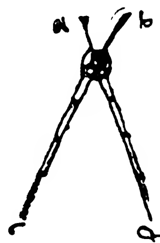
О математических инструментах и измерительных приборах

Сделать пару циркулей для уменьшения и увеличения предмета, ими измеренного, с теми же пропорциями каждой части. Для этого их надо скрепить винтом, гладким на той поверхности, которая входит в циркули, а в остальной части имеющем нарезку. И этот винт может вставляться в разные отверстия по длине циркулей, ибо такие отверстия имеются на этих циркулях в разных местах, на одинаковых расстояниях от концов. Винт может входить в них в середине *a*, на $^1/_4$ в *b*, на $^1/_8$ в *c* и т. д. на всем протяжении. И он завинчивается гайкой *h* [см. рис. на стр. 74] (Forst. I, 4).

Чтобы уменьшать в различных пропорциях, возьми циркуль, здесь изображенный, и засеки большой предмет концами *c* и *d*, а

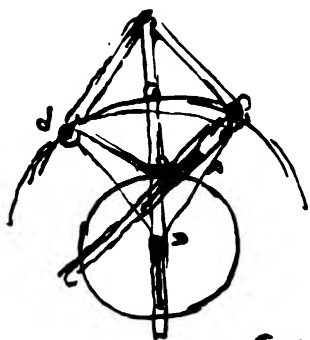


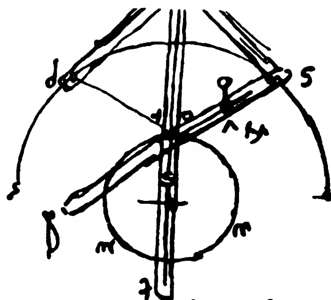
затем поставь циркуль на бумагу противоположными концами *a* и *b*, и тогда ты увидишь, что предмет получится измененным в той же пропорции, в какой *ab* стоит к *cd* (В. М., 47.об.)



[Описание прибора для решения Алхазеновой задачи][12].

Найти угол касания при помощи инструмента. Пусть *onm* — сфера, на которой мы видим угол отражения,





a — светлое тело, *b* — глаз, *o* — искомый угол, позволяющий видеть изображение такого светлого тела. Я возьму теперь тонкую деревянную планку, шириною менее чем в полдюйма, и пусть это будет *df*. В ней должен быть узкий канал. Планку прикрепляют к центру круга *onm* при помощи тонкой иголки или булавки, проходящей через канал этой линейки. Затем соседние две другие планочки, равные друг другу и имеющие длину по твоему благоусмотрению, соединяют как ножки циркуля на одной и той же оси, находящейся с лицевой стороны вышепомянутой линейки *df*. Сделав это, ты соединишь планку *sg* с лицевой поверхностью планки *ds* на оси *s*, в виде циркуля, раскрывающегося и закрывающегося, и сделаешь такой же канал, какой ты сделал в планке *df*. В точке светлого тела *a* воткни иголку, которая проходит через указанный канал планки *sg*. Теперь мы должны взять конец планки *sg* в *g* и двигать ее до тех пор вверх и вниз вокруг оси *a* (каковой является указанная булавка, воткнутая в точке светлого тела), пока ты не увидишь окружность круга в углу касания *o*, образуемом в месте расхождения двух планок. И посредством равенства углов, образующихся внутри четырехугольника *sbdo*, проверяется совершенство операции, а именно верхние углы между собою равны, и боковые равны между собою, и то же самое подтверждается в отношении углов касания *ot* и т. д.

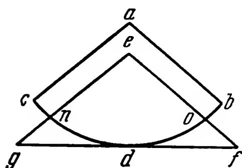
do помещается между глазом и светлым телом на высоте и по соседству с глазом, а светлое тело — по твоему усмотрению, ибо это неважно, лишь бы *ds* и *db* были друг другу равны и конечная встреча обоих каналов находилась на окружности круга. (С. А., 181 а).

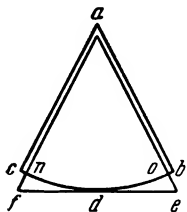
Для того чтобы находить угол падения в выпуклых зеркалах, невозможно установить общее правило геометрическим путем,— невозможно, когда глаз и предмет расположены на разных расстояниях от зеркала (С. А., 18об. а).

Движение повозок всегда показывало нам, как спрямлять окружности круга.

Полный оборот колеса, толщина которого будет равна половине радиуса, оставляет по себе след, равный квадратуре его круга.

Вещь, которая движется, забирает столько пространства, сколько теряет. Отсюда следует, что при продолжении вниз обеих сторон сектора *ab* и *ac* до *ef* и *eg* кривая *bdc* выпрямилась бы и разогнулась бы до *fg* и площадь *efg* сделалась бы равной площади *abcd*. В *abcd* потерянное пространство [между] *abc* и *eon* было бы равно приобретенному *ofd*, *ngd*.

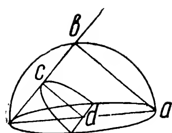




Криволинейное основание, образованное согнутой линейкой, выпрямляется при выпрямлении этой линейки.

О сложном движении, примененном к геометрии. Эта квадратура сектора круга сделана посредством сложного движения, возникающего из движения кривой *dc* в *df*; оно двойное, потому что наряду с движением, выпрямляющим кривую, одновременно приходит движение сверху вниз, как видно из кривой *dc*, когда она выпрямляется и опускается в *ef*. И движение это, как показывает прямоугольный треугольник *aef*, есть причина квадрирования названного сектора *abc*. И, согласно вышеприведенному положению, боковые площади *abo* и *anc* являются величинами, равными нижним площадям *bed* и *cfd*; и еще доказывается это положением, гласящим: если есть две площади, равные по размеру и различные по очертаниям, то при наложении друг на друга и т. д.

Если две плоские фигуры равны по размерам и различны по очертаниям, то, при наложении их друг на друга, часть одной, выходящая за пределы другой, будет равна части другой, выходящей за пределы первой (Е, 25об.).



[Прибор для вычерчивания параболы]

abc образует прямой угол и прямой угол должно образовать *bcd*; *ab* и *dc* должны быть параллельны (С. А., 394 а).

О непрерывном и бесконечном

Если угол есть встреча двух линий, то, поскольку линии кончаются в точке, бесконечные линии могут иметь начало в такой точке, и, наоборот, бесконечные линии могут вместе в этой точке кончаться; следовательно, точка может быть общей началу и концу бесчисленных линий.

И здесь кажется странным, что раз треугольник кончается точкой в вершине угла, противолежащей основанию, и можно его разделить между концами основания на бесконечное число частей, что точка, будучи общим пределом всех названных делений, вместе с треугольником окажется делимой до бесконечности (М, 87об.).

То, что делимо актуально, делимо и потенциально, однако не все величины, делимые потенциально, будут делимы актуально (С. А., 119об., b).

То, что в акте делимо, делимо и в потенции; хотя это и не значит, что делимое в потенции делимо и в акте. И если деления, совершаемые потенциально в бесконечность, меняют субстанцию делимой материи, то деления эти вернутся к составу своего целого при воссоединении частей по тем же стадиям, по которым они делились. Возьмем, например, лед и будем делить в бесконечность: он превратится в воду, из воды в воздух, и если воздух опять уплотнится, то станет водой, а из воды градом (Е, 60).

Все случаи перспективы уразумеваются посредством пяти терминов математиков, а именно: точки, линии, угла, поверхности и тела. Из них точка — единственная в своем роде. И эта точка не имеет ни высоты, ни ширины, ни длины, ни глубины, из чего вытекает заключение, что она неделима и не занимает места. Линия бывает троякая: прямая, кривая и извилистая, и она не имеет ни ширины, ни высоты, ни глубины, следовательно, неделима, за исключением своей длины; ее границы — две точки. Угол есть граница двух линий в точке (С. А., 132 b).

Точка не есть часть линии (Tr., 35).

Границы тел — минимальные вещи из всех вещей. Истинность этого положения доказывается тем, что граница вещи есть поверхность, которая не есть часть тела, облеченного этой поверхностью, и не есть часть воздуха, окружающего это тело, а есть то среднее, что находится между воздухом и телом, как это было доказано в своем месте. А боковые границы (termini laterali) этих тел составляет линия, граница поверхности, каковая линия имеет невидимую толщину. Вот почему, живописец, не окружай свои тела линиями, и особенно в вещах, меньших, чем натура, ибо такие вещи не могут явить боковых границ — их членения невидимы из-за отдаленности (G, 37).

Вещи на расстоянии кажутся тебе двусмысленными и сомнительными; делай и ты их с такой же расплывчатостью, иначе они не покажутся находящимися на таком же расстоянии. И не очерчивай их край определенными границами, потому что границы суть линии или углы, которые, являясь пределами мельчайших вещей, будут неразличимы не только издали, но и вблизи.

Если линия, а также математическая точка суть невидимые вещи, то и границы вещей, будучи также линиями, невидимы вблизи. Вот почему, живописец, не очерчивай границы вещей, отдаленных от глаза, ибо на расстоянии не только эти границы, но и части тел неощутимы (Т. Р., 694).

Если границы тел не являются их частями, а началом других тел, с ними соприкасающихся, то и, наоборот, первое тело оказывается границей второго без всякого посредствующего звена; следовательно, такая граница, не будучи частью какого-либо предмета, не занимает никакого пространства.

Поскольку в природе нет пустоты, ни одно тело не может существовать без соприкосновения с другим, и потому взаимно граница одного тела есть начало другого. Отсюда ясно, что эти границы не являются частью тел.

Граница одного тела оказывается началом другого; начала и концы — одинаковой природы; следовательно, начала не являются частями тела.

Границы тел не являются частью этих тел.

«Ничто» — то, что не причастно никакой вещи. Следовательно, поскольку границы тел не являются какой-либо их частью, а взаимно являются началом того и другого тела, эти границы — ничто, и потому поверхность — ничто.

Воздух соединен с водою и граница его — общая с водою, так что их можно назвать непрерывной величиной, поскольку они примыкают друг к другу, и вместе с тем величиной дискретной, так как они имеют две разных природы.

Две вещи, соприкасающиеся друг с другом, будут иметь одну единственную границу, которая не есть часть вещей, находящихся в соприкосновении (В. М., 130).

Наименьшая физическая точка больше всех математических точек, и следует это из того, что физическая точка есть величина непрерывная, а все непрерывное делимо до бесконечности, а точка математическая неделима, потому что не есть величина.

Всякая непрерывная величина мысленно делима до бесконечности.

Среди всех вещей, существующих меж нас, существование «ничто» занимает первое место и вéдение его простирается на вещи, не имеющие существования, и сущность его обретается во времени, в прошлом и будущем, ничего не имея от настоящего. В этом «ничто» часть равна целому, и целое — части, и делимое — неделимому, и оно дает при делении тот же результат, что при умножении, и при сложении тот же, что при вычитании, как видно это у арифметиков из десятой их цифры, изображающей «ничто»; и власть его не простирается на вещи природы.

То, что называется «ничто», обретается только во времени и словах; во времени оно обретается в прошлом и будущем и ничего не удерживает от настоящего; также и в словах — в том, о чем говорится, что его нет или что оно невозможно.

Во времени «ничто» находится в прошлом и будущем и ничего не имеет от настоящего, и в природе сближается с невозможным, отчего,

по сказанному, не имеет существования, поскольку там, где было бы «ничто», должна была бы налицо быть пустота.

Среди великих вещей, которые находятся меж нас, существование «ничто» — величайшее. Оно пребывает во времени и в прошлое и будущее простирает свои члены, захватывая ими все минувшие дела и грядущие как неодушевленной природы, так и существ одушевленных, и ничего не имеет от неделимого настоящего. Оно не распространяется на сущность какой-либо вещи (В. М., 131).

«Ничто» не имеет середины и границы его — ничто. Противник говорит, что «ничто» и «пустота» — одна и та же вещь, имеющая два названия, которые произносятся, но которых нет в природе. Ответ гласит: если бы пустота существовала, существовало бы место, которое ее окружало бы, а «ничто» мыслится не занимающим места; следовательно, «ничто» и «пустота» не одно и то же, поскольку пустота делима до бесконечности, а «ничто» не делится,— ведь не существует вещи, которая могла бы оказаться меньше, чем «ничто»; и если бы у него были части, то такая часть была бы равна целому, а целое равно части (С. А., 289об. b).

Петр имеет силу в 12 [единиц] и если ему дано 12 [единиц] веса, он их не движет, потому что равные между собою вещи не одолевают одна другую. Но 11 он понесет, потому что из неравных сил бóльшая одолевает меньшую, так что 12 будут двигать 11. И здесь имеет место замечательный случай, а именно: если эти 12 могут двигать 11, оказывается, что эти 12 будут двигать до бесконечности бóльшие тяжести, чем 11, потому что всякая непрерывная величина делима до бесконечности. Единица между 11 и 12 может бесконечно делиться, потому можно сказать: 12 способно двигать 11 и будет еще двигать 11 $^1/_2$ и затем 11 $^2/_3$ и затем 11 $^3/_4$, и так до бесконечности можно в том же порядке возрастать, постоянно подразделяя остаток таким образом, что последним будет тот из наименьших грузов, которого Петр не сможет более нести, т. е. тот, который равен 12. Так что здесь получаются вещи, которые, казалось, невозможно предположить, а именно, что человек будет в силах нести на себе бесконечно больше

грузов, чем может нести, и что минимальный груз будет тот, который он нести не может. Пример: 4 на весах уравновешивают 4, но двигать не могут; однако с успехом 4 будут двигать 3 и до бесконечности больше груза, чем 3, но груз, равный 4— никогда, потому что от 3 к 4 одна единица, которая непрерывна, а всякая непрерывная величина делима до бесконечности (K, 62об.).

Что за вещь, которая не существует и которая, существуй она, не существовала бы? — Бесконечное, которое, если бы могло существовать, было бы ограничено и конечно, так как то, что может существовать, имеет границы в вещи, которая окружает его края, и то, что не может существовать, есть такая вещь, которая не имеет границ (C. A., 131 b).

О времени

Хотя время и причисляют к непрерывным величинам, однако оно, будучи незримым и бестелесным, не целиком подпадает власти геометрии, которая, как мы видим, делит видимые и телесные вещи на фигуры и тела бесконечного разнообразия. Время совпадает только с первыми началами геометрии, т. е. с точкой и линией: точка во времени должна быть приравнена к мгновению, а линия имеет сходство с длительностью известного количества времени. И подобно тому, как точки — начало и конец линии, так мгновения — граница и начало каждого данного промежутка времени. И если линия делима до бесконечности, то промежуток времени не чужд такого деления. И если части, на которые разделена линия, соизмеримы друг с другом, то и части времени будут друг с другом соизмеримы (B. M., 173об.).

Напиши о свойстве времени отдельно от геометрии[13] (B. M., 176).

Взгляни на свет и вглядись в его красоту. Мигни глазом, глядя на него,— тот свет, который ты видишь, раньше не был, и того, который был, теперь уже нет. Чтó его воссоздает, если создатель непрерывно умирает? (F, 49об.).

Вода, которая вытекает из рек,— последняя, которая ушла, и первая, которая приходит. Таково и настоящее время (Тг., 68).

О время, истребитель вещей, и старость завистливая, ты разрушаешь все вещи и все вещи пожираешь твердыми зубами годов, мало-помалу, медленной смертью! Елена, когда смотрелась в зеркало, видя досадные морщины своего лица, соделанные старостью, жалуется и думает наедине, зачем два раза была похищена?[14] (С. А., 71 а).

Истина была единственной дочерью времени[15] (М., 58об.).

Несправедливо жалуются люди на бег времени, виня его в чрезмерной быстроте, не замечая, что протекание его достаточно медленно; а хорошая память, которой нас одарила природа, делает, что всякая давно минувшая вещь кажется нам настоящей (С. А., 76 а).

Познание минувших времен и познание стран мира — украшение и пища человеческих умов (С. А., 373об. а).

Свинцовый груз, толкая и давя на небольшой кожаный мешок, наполненный воздухом, сможет посредством своего опускания также показать тебе часы. Нет недостатка в средствах и способах подразделять эти наши несчастные дни! Нам следовало бы радоваться, когда мы не расточаем и не проводим их без проку и без всякой славы, не оставляя по себе никакой памяти в умах смертных (С. А., 12об. а).





МЕХАНИКА



О предмете механики и порядке ее изложения

Механика есть рай математических наук, посредством нее достигают математического плода (Е, 8об.).

Я хочу при одинаковых движениях, являющихся причинами, производить одинаковые движения, являющиеся следствиями, но с разной затратой силы.

Я хочу с разными силами произвести два равных движения, являющихся причинами, которые породят два равных движения, являющихся следствиями. Но одно из них будет легче в ту меру, в какую оно медленнее (В. М., 262об.).

Не забудь, что книга об «Элементах машин» с ее практическими сведениями должна предшествовать доказательствам, относящимся к движению и силе человека и других животных; тогда на основе их ты сможешь проверить любое твое положение (А, 10).

Книга о «Науке машин» предшествует книге об их полезных применениях (W. An. I, 13об.).

Механическое доказательство истинно, хотя и с трудом обретается эта истина; а то, что равно истине, то и само является истиной. Доказательство это тем более достойно похвалы, чем более непосред-

ственно, само собою, дает оно ту же самую истину, какую дает и механическое искусство (la mechanica) (С. А., 231 а).

Сначала ты будешь трактовать о тяжести, потом о движении, которое рождает силу (forza), а потом об этой силе и, наконец, об ударе (С. А., 117 с).

Скажи сначала о движении и потом о тяжести, так как она рождается из движения, затем о силе (forza), которая рождается от тяжести и движения, затем об ударе, который рождается от тяжести, движения и часто от силы.

Скажи о движении и об импульсе (impeto).

Скажи о колесах, катящихся в определенную сторону.

Скажи о колесах, вращающихся на месте.

Скажи о колесе, дающем прирост (rota dell'aumento).

Скажи о бесконечных винтах.

Скажи о рычаге во-первых и о весах.

Скажи о мельницах и других инструментах для движения и бросания.

О зубцах.

Сначала ты подробно скажешь об осях и о том, где они помещаются, затем о колесах и о блоке с веревкой и затем о колесе с зубцами. И скажешь, какие зубцы более отвечают природе, движению и правилам (С. А., 155об. b).

Сначала трактуй о тяжестях, затем об их опорах, затем об их трении, затем об их движении и, наконец, об их ударе (V, Richter, 8 g).

Порядок твоей книги будет таков: сначала о простом стержне, потом о поддерживаемом снизу, потом о подвешенном с одной стороны, потом — с обеих сторон; потом эти стержни станут поддерживать другие тяжести (С. А., 149 b).

В Романье — верх глупости — пользуются тележками на 4 колесах, из которых оба передних низкие, а оба задних высокие. Это

весьма не благоприятствует движению, ибо на передние колеса передается больше тяжести, нежели на задние, как я показал в 1-м положении 5-й книги «Начал» (L, 72).

О стихиях, тяжести и легкости

Сначала — о стихиях и что такое тяжесть и легкость и о том, как тяжелое становится легким, а легкое тяжелым, благодаря своему положению (W. An. III, 12).

Анаксагор. Любая вещь происходит из любой вещи, и любая вещь становится любой вещью, и любая вещь возвращается в любую вещь, ибо то, что есть в стихиях, сделано из этих стихий (C. A., 385об. с).

Тяжесть рождается, когда одна стихия расположена над другой стихией, более тонкой, чем она. Тяжесть производится стихией, вовлеченной в другую стихию (V. U., 1).

Тяжесть есть некое определенное акцидентальное действие, производимое одной стихией, увлеченной в другую; она имеет столько жизни, сколько есть в этих стихиях стремления вернуться на родину (B. M., 181).

Ни одна стихия не имеет сама по себе ни тяжести, ни легкости, если она не движется. Земля находится в соприкосновении с воздухом и с водой и не имеет в себе ни тяжести, ни легкости; она ощущает воду и воздух, окружающие ее, только косвенным образом, через их движение. И этому нас учат листы трав, которые растут над землей, соприкасающейся с водой и воздухом,— они сгибаются только от движения воздуха или воды.

Основываясь на этом, мы скажем, что тяжесть есть акциденция, созданная передвижением нижних элементов в вышележащие...

Легкость не рождается иначе, как с тяжестью, и тяжесть не иначе, как вместе с легкостью. Доказательство: пусть воздух будет нагнетен под воду путем вдувания через трубку; тогда этот воздух,

находясь под водой, приобретает легкость, а вода приобретает тяжесть, имея под собой воздух,— тело само по себе более редкое и более легкое.

Следовательно, легкость рождается от тяжести и тяжесть от легкости. И они одновременно рождают одна другую, вознаграждая друг друга за благо своего бытия; и в одно и то же мгновение они разрушают одна другую в качестве мстителей за свою смерть.

Легкость и тяжесть суть одновременно мать и дочь друг друга...

Легкость и тяжесть непосредственно вызываются движением (В. М., 205).

Тяжесть и легкость суть акциденции, создаваемые в одной стихии, когда она извлечена в другую.

Если тяжелая стихия перенесена в легкую, то она не убегает от нее по своему произволению или желанию, в ней находящемуся, но исключительно потому, что легкое не может держать его. Доказательство: если вода перенесена в воздух 〈...〉.

Центр мира притягивает к себе не потому, что в грузе есть желание идти к этому центру, но только потому, что воздух не может поддерживать вещь более тяжелую, чем он сам.

Тяжелое тело никогда не перестает опускаться, пока равная ему сила не окажет противодействия его опусканию. И опускается оно по прямой линии не потому, что груз этот предпочитает прямое движение движению наклонному или криволинейному, но потому, что оно большей тяжестью давит на воздух нижележащий, чем на воздух боковой и расположенный над ним; и тот воздух, который испытывает большее давление, скорее поддается и уступает место тяжелому телу, находящемуся над ним.

1. Вещи равные между собой не одолевают одна другую.

2. Следовательно, неравные вещи суть те, которые одолевают одна другую.

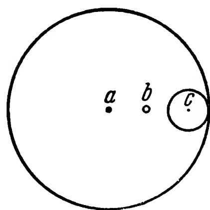
Пусть некоторое количество легкого служит опорой тяжелого. Тогда это легкое будет побеждено тяжелым и изгнано со своего места.

Пусть некоторое количество тяжелого поддерживается другим

тяжелым, равным ему; тогда, конечно, это тяжелое не будет изгнано и не изгонит другое с его места.

Тяжелая вещь находится ниже более легкой, и та вещь — ниже, которая находится ближе к центру мира; следовательно, две вещи одинаковой тяжести и находящиеся одинаково низко будут противодействовать одна другой, и это произойдет в центре мира. Две слабости, прислоняясь друг к другу, дают одну крепость. Следовательно, одна половина мира, прислоняясь к другой половине, становится устойчивой (С. А., 244об. а).

Общий центр и центр Земли не одно и то же; наоборот, они весьма несходны и различны по природе, ибо общий центр не движется, поскольку не меняется положение воздуха и огня, а центр Земли неустойчив и находится в непрерывном изменении, ибо он меняется всякий раз, когда ветры уносят воду морей, занимая или покрывая разливами их различные берега. Вот почему, поскольку они отнимают тяжесть у одной части Земли и переносят ее в другую, где такой тяжести меньше, постольку центр становится более удаленным [от общего центра], а при возрастании количества воды центр приближается. И таким образом: сколько изменений производит тяжесть вод над их дном, столько изменений претерпевает центр Земли относительно общего центра. И если оказалось бы возможным удалить Землю с ее места и оттащить в сторону так, чтобы общий центр остался довольно далеко от Земли, и ты дал бы падать камню в том воздухе, который располагается между общим центром и центром Земли, то нет никакого сомнения, что этот камень опустился бы к общему центру по кратчайшему пути.



Груз, соединившийся с центром, теряет свою тяжесть.

Пусть *a* — центр стихий, т. е. общий центр; *c* — центр мира; *b* — место, откуда бросают камень в воздухе, на одинаковом расстоянии от обоих центров. Я говорю, что камень опустится в *a*, общий центр, и не поднимется ввысь, до центра Земли.

Те круги будут называться более низкими, которые ближе к общему центру, и, наоборот, те назовутся более высокими, которые дальше от него.

О том, что удаляется от общего центра по какой-нибудь линии, говорят, что оно поднимается к небу, а о том, что уходит с неба, говорят, что оно опускается к центру.

Импульс, произведенный движением тяжелых тел, делает их бродящими и не знающими места, куда они движутся, вот почему сильно задерживается их остановка.

Центр вселенной не есть центр ни одной стихии, ибо непрерывное круговращение и разнообразные случайности, рождающиеся от непрерывных небесных влияний, держат эти стихии в состоянии непрерывной перемены их положения. Вот почему Земля, в значительной своей части одетая сферой воды, составляет одно тело с этой водой и, подобно мячу, висит в воздухе, и центр водной сферы не является центром ее тяжести, а центр тяжести водной сферы не есть центр тяжести Земли, будучи значительно от нее удален (С. А., 153об. а).

Движение свободно падающего тяжелого тела, представляющего единое целое, будет прямым. Тяжелое тело падает к центру мира не потому, что этот центр притягивает его к себе, и не потому, что оно направляется к нему по своему произволению, а потому, что воздух не может ему сопротивляться (В. М., 189об.).

Движение, совершаемое тяжелыми телами по направлению к общему центру, происходит не от присущего такому телу стремления найти этот центр, и не от притяжения, которое этот центр оказывает, привлекая к себе подобно магниту такой груз, а от высшей противоположности стихий. Ибо огонь, как наиболее легкий, находится на большей высоте и круговидно удален от наиболее тяжелой стихии, каковой является земля; воздух, который более сообразен с огнем, более приближается к нему, также круговидно, почему обе более тяжелые стихии объемлют друг друга и соединяются друг с другом, а обе стихии более легкие делают то же. И отношение между тяжестью земли и тяжестью воды представляют себе таким же, каково

отношение между легкостью огня и легкостью воздуха и отношение между воздухом и водой. Следовательно, если стихия воздуха имеет сферическую фигуру и огонь окружает ее сферически, то по необходимости обе стихии должны иметь общий центр... И если в результате какой-нибудь случайности часть воздуха поднимется в стихию огня, она затем вновь упадет по кратчайшему пути в свою стихию, каковым кратчайшим путем является отвесная линия, направленная к центру. И то же делает вода в воздухе, которая опускается по прямой линии в свою стихию, и то же земля над водой, также по кратчайшему пути (С. А., 153об. а).

Общий центр есть тот, от которого равномерно удалены сфера воздуха и сфера огня.

Общий центр есть тот, который всякое тяжелое тело стремится равномерно окружить; я не хочу сказать, что такое стремление обусловлено невозможностью для любой частицы воздуха, более легкого, чем это тело, оказать такое сопротивление, какое эти частицы оказывают звездам неба, и невозможностью для одной из названных частиц остаться в своем положении. Несомненно, что такая тяжесть не остановилась бы сразу в общем центре, но, вследствие импульса, она перешла бы в соседство противоположной части стихии и здесь, также не находя покоя, пошла бы опять по прежнему пути и вернулась бы в точку поблизости от того места, откуда ушла; и кроме проделанного первого движения, проделала бы второе по тому же самому пути на более короткое расстояние, а затем вернулась бы и так делала бы великое множество раз, наподобие груза, подвешенного к концу веревки, который, будучи оттянут в сторону, а затем отпущен, много раз движется туда и сюда и постоянно сокращает свои пробеги так, что при последнем из них останавливается под местом прикрепления веревки, на которой он подвешен. Так поступило бы и подобное тяжелое тело, много лет пробегая по воздуху туда и сюда (С. А., 153 об. b).

Смотри же, надежда и желание водвориться на свою родину и вернуться в первое свое состояние уподобляются бабочке в отношении света. И человек, который всегда с непрекращающимся желанием,

полный ликования ожидает новой весны, всегда новых месяцев и новых годов, причем кажется ему, будто желанные предметы слишком медлят придти, — не замечает, что собственного желает разрушения! Желание это есть квинтэссенция, дух стихий, который, оказываясь заточенным душой человеческого тела, всегда стремится вернуться к пославшему его. И хочу, чтобы ты знал, что это именно желание есть квинтэссенция — спутница природы, а человек — образец мира (В. М., 156об.).

О тяжести, силе, движении и ударе

Тяжесть, сила (forza) вместе с материальным движением и ударом — четыре акцидентальные потенции, посредством которых человеческий род в своих удивительных и разнообразных действиях, казалось бы, проявляет себя в этом мире как вторая природа. Ибо от этих потенций все видимые дела смертных имеют свое бытие и свою смерть.

Движение. Движение среди этих потенций есть причина того, что каждая из них может родить себя самое, равно как и каждую из других, в том числе и движение, без которого ни одна из этих потенций не может возникнуть.

Тяжесть. Тяжесть есть потенция, созданная движением, которое посредством силы переносит одну стихию в другую; и столько у этой тяжести жизни, сколько у этой стихии стремления вернуться на родину.

Сила. Сила и тяжесть имеют много сходства во всех своих способностях и различны они только в движениях своего рождения и смерти, ибо простая тяжесть умирает лишь в одном случае, а именно двигаясь по направлению к центру, тогда как сила в любом движении и рождается и умирает.

Многие философы единодушно утверждают, что сила есть приобретенная тяжесть (peso accidentale), называя ее «приобретенной» в особом смысле, как будто тяжесть не является и по существу своему приобретенной [т. е. акциденцией] (В. М., 151об.).

Легкость стремится, насколько может, быть удаленной от тяжести по окружности.

Тяжесть, сила и материальное движение вместе с ударом являются четырьмя акцидентальными потенциями, от которых все видимые дела смертных имеют свое бытие и свою смерть.

Тяжесть есть определенная акцидентальная потенция, которая создается движением и вливается в стихию, извлеченную или поднятую в другую; и столько у этой тяжести жизни, сколько у этой стихии тоски вернуться на родину.

Вот еще другое определение: тяжесть есть незримая потенция, созданная приобретенным движением и влитая в тела, удаленные от своего естественного положения.

Между тяжестью и легкостью я не знаю другой разницы, кроме как в их создании и уничтожении, так как тяжесть получает свое рождение и смерть по линиям, которые противоположны линиям легкости, поскольку движения их рождения и смерти противоположны.

Тяжесть есть некая определенная незримая потенция, которая создается приобретенным движением и вливается в тела, находящиеся вне своего естественного положения. Она во всех своих способностях подобна легкости, своей противоположности.

Незримая тяжесть есть некая определенная акцидентальная потенция, которая создается движением и вливается в тела, находящиеся вне своего естественного положения.

Тяжесть и легкость — две стихии, превращающиеся одна в другую. Эти две потенции весьма сходны во всех своих функциях, исключая движения создания и уничтожения их — настолько, что они почти могут быть названы одной и той же потенцией (В. М., 37).

Тяжесть, сила и удар имеют такую природу, что каждая в отдельности может рождаться от каждой другой и рождать каждую другую. И все вместе и каждая в отдельности могут создать движение и родиться от него.

Тяжесть и сила должны быть названы сестрами и имеют почти

одну и ту же природу, ибо они рождены одной и той же причиной, живут тем же желанием и поглощаются тою же смертью.

Тяжесть и сила вместе с ударом не только должны быть названы сестрами, дочерями и родительницами одна другой, но сестрами и потому, что они рождаются от движения и рождают это движение. Но тяжесть и сила во многих своих функциях имеют большое сходство.

Тяжесть, сила вместе с ударом не только должны быть названы матерями и дочерями одна другой и сестрами друг друга, поскольку они порождаются движением, но также и родителями движения, так как оно без них не может быть создано. Но каждая из названных потенций не может путем одинаковых движений создавать потенцию, подобную себе.

Тяжесть и легкость в равных количествах имеют равную потенцию и подобны во всех своих функциях, за исключением того, что производят давление путем противоположных движений.

Тяжесть побеждается силой и сила тяжестью. И та и другая невидимы, но их действия вполне поддаются измерению. Обе желают смерти.

Сила, умирая, не порождает удара, и там, где, благодаря ей, обнаруживается удар, там всегда есть жизнь силы. Удар рождается от тяжести.

Тяжесть, чем больше она движется по своему желанию, тем более растет, и в этом случае сила убывает.

Предмет желания тяжести—одна линия, а предмет желания силы—бесконечное число линий. Тяжесть имеет в течение своей жизни одинаковую мощь, а сила — постоянно ослабевает.

Тяжесть по своей природе проникает во все свои опоры и находится вся во всей длине этих опор, и вся — в каждой их части.

Тяжесть находится в теле, где она родилась, столько времени, сколько это тело находится вне своего естественного положения, а сила пропадает постепенно в теле, в котором она родилась. Удар умирает тотчас же, как родился. Сила создает тяжесть и удар. Она создаст тяжесть, когда при ее помощи ты поднимешь тяжелое

тело в воздух; она создаст удар, когда ты бросишь камень по любому направлению.

Тяжесть создаст силу в самостреле, когда ты натянешь в нем тетиву до собачки. Тяжесть создаст удар в конце своего движения.

Удар создает силу посредством клина; он создаст тяжесть, когда заставит подпрыгнуть в воздух тяжелое тело (В. М., 37об.).

Почему природа не может сообщить движения животным без механических орудий (strumenti machinali), как я это доказываю в настоящей книге,— не может обойтись без таких орудий, осуществляя в животных акты движения? С этой целью я свел воедино правила, относящиеся к четырем потенциям природы, без которых она никак не может сообщить пространственное движение животным. Итак, сначала мы напишем об этом пространственном движении и о том, как оно порождает три остальные потенции и порождается каждой из них. Далее мы напишем о естественной тяжести; хотя всякую тяжесть приходится признать приобретенной, тем не менее ее пожелали назвать естественной, чтобы отличить от силы, имеющей во всех своих действиях природу тяжести, почему сила и именуется тяжестью приобретенной. Таковая сила полагается нами как третья потенция природы, или потенция, порожденная природой. Четвертая и последняя потенция именуется ударом, т. е. концом или помехой движения. И сначала мы скажем, что всякое неощутимое (insensibile) движение порождается ощутимым двигателем, наподобие того, как приводится в движение противовес в часах, подтягиваемый вверх человеком, его двигателем. Также стихии гонят или увлекают одна другую; это видно на примере воды, которая выгоняет из себя воздух и огонь, проникший с теплом внутрь котла; этот воздух ускользает через пузырьки на поверхность кипящей воды; равным образом пламя увлекает к себе воздух, и теплота солнца увлекает ввысь воду в виде влажного пара, которая затем вновь падает на землю плотным и тяжелым дождем.

Удар есть огромная потенция вещей, рождающаяся внутри стихий (W. An. I, 1).

Насильственность слагается из четырех вещей: тяжести, силы, движения и удара. Некоторые же утверждают, что насильственность слагается из трех состояний: из силы, движения и удара. И у самого могучего, а именно удара, самая короткая жизнь; второе по порядку — сила, третьим из-за своей слабости было бы движение, а если и тяжесть к ним причислить, то слабее всех вышеназванных — она, и в наибольшей степени причастна вечности.

Всякое тяжелое тело стремится опуститься к центру кратчайшим путем, и там, где тяжесть больше, там и стремление больше, и тот предмет, который весит больше других, падает предоставленный самому себе скорее других. И та помеха, которая наименее отлога, оказывает ему наибольшее сопротивление. Но тяжесть по природе своей одолевает все свои опоры и так, устремляясь от опоры к опоре, движется вперед и становится тяжелее от тела к телу, пока не удовлетворит своего желания. Нужда влечет ее, а избыток отгоняет. И она вся в своем отвесном сопротивлении и вся в каждой ступени его.

И та помеха, которая более отлога, не будет ее при падении удерживать, но, свободная, будет падать вместе с ней. В своем качестве давящего и бременящего тяжесть подобна силе. Тяжесть побеждается силой, как и сила тяжестью. Тяжесть саму по себе можно видеть без силы, а силу без тяжести не увидишь. Если нет соседа у тяжести, она бешено его ищет; сила бешено гонит его прочь. Если тяжесть стремится к неизменному положению, то сила по своей воле его избегает. Если тяжесть жаждет пребывания, сила всегда охвачена стремлением к бегству. Тяжесть как такая неустанна, тогда как сила никогда не бывает без усталости. Тяжесть, чем дольше падает, тем больше растет, а сила чем дольше падает, тем меньшей становится. Если одна вечна, то другая смертна. Тяжесть естественна, сила акцидентальна. Тяжесть хочет устойчивости и бесконечного пребывания, а сила стремится к бегству и собственной смерти. Тяжесть, сила и удар сходствуют друг с другом в давлении (А, 35).

О тяжести, силе, движении и ударе. Тяжесть всегда давит на свою опору и проникает и проходит по самой

природе своей через опоры до их основания; она вся во всей опоре, и вся во всем основании этой опоры, и вся во всей опоре этого основания, и она проникает от опоры к опоре вплоть до центра мира.

Тяжесть всегда давит на свою опору; сила пропадает в теле, в котором она родилась.

Движение слабее и расточается в своем беге; удар умирает тотчас же по рождении, оставляя след своей причины.

Тяжелое тело, вечно действующее в своем давлении, имеет меньшую мощь, чем три других состояния, в нем заключенные, т. е. сила, движение и удар. Второй из них по своей долговечности является сила, обладающая большей мощью, чем тяжесть; действие ее длится меньше. Третьим по долговечности является движение, имеющее бо́льшую мощь, чем сила, и порождаемое этой силой. Четвертым, наименее долговечным, является удар — сын движения и внук силы. И все они рождаются от тяжести (А, 35об.).

Сила не имеет тяжести, удар не имеет длительности; движение заставляет силу расти и убывать; удар, тяжесть в своем естественном движении делают себя бо́льшими (В. М., 1об.).

Что такое сила? Сила, говорю я, есть духовная мощь, бестелесная, невидимая, которая, недолго живя, возникает в телах, выведенных из своего естественного состояния и покоя путем привходящего насилия. Духовная, сказал я, потому что в этой силе есть деятельная жизнь; бестелесная, невидимая, говорю, потому что тело, в котором она родится, не увеличивается ни в весе, ни в объеме; недолгой жизни, потому что она всегда стремится одолеть свою причину и, одолев, сама убивает себя (В, 63).

Что такое сила? Я говорю, что сила есть духовная способность, незримая мощь, которая привходящим внешним насилием производится движением, которая поселяется и разливается в телах, выведенных и отклоненных от своего естественного состояния, давая им деятельную жизнь чудесной мощи. Все возникшие вещи она понуждает к изменению формы и положения, бешено устремляется

к своей желанной смерти и разнообразит себя соответственно причинам. Медленность делает ее большой и быстрота слабой; она рождается насильственно и умирает свободно. И чем она больше, тем скорее истощается. Яростно гонит она прочь все противящееся ее разрушению, стремится победить, умертвить свою причину, свою преграду и, побеждая, сама убивает себя. Она становится все более могучей там, где все бо́льшие находит препятствия. Всякая вещь охотно бежит своей смерти. Будучи понуждаема, она всякую вещь понуждает. Ничто не движется без нее. Тело, в котором она родилась, не прибывает ни в весе, ни в объеме. Всякое движение, ею порожденное, недолговечно. Она растет от своих трудов и исчезает от покоя. Тело, которому она сообщена, не имеет больше свободы. И часто посредством движения порождает она новую силу.

Сила вызывается движением и вливается в тяжесть и сходным образом удар вызывается движением и вливается в тяжесть.

Сила есть причина движения, движение есть причина силы. Движение вливает силу и удар в тяжесть при помощи противостоящего предмета.

Сила при некоторых своих действиях, разрушаясь, переходит на то тело, которое мчится впереди, и при помощи движения рождает удар большей действенности, а после себя оставляет разрушение, как это видно при движении ядра, гонимого силой бомбарды.

Сила распространяется только на три функции, которые охватывают бесконечное множество действий. Эти три функции: тащить, толкать и останавливать. Рождаться же сила может двояким образом. Во-первых, при внезапном увеличении редкого тела в плотном; таково увеличение огня в бомбарде, — не находя в ее полости достаточного вместилища для своего прироста, он бешено мчится к более обширному пространству, гоня всякое препятствие, противостоящее его стремлению. И то же самое делает течение воды и ветра, которые гонят всякое противостоящее им препятствие.

Во-вторых, сила создается в телах согнутых и скрученных вопреки их естественному состоянию,— таковы самострел или другие

подобные орудия, которые неохотно дают себя согнуть, и, будучи нагружены, стремятся распрямиться; и лишь только им дана свобода, они с бешенством гонят ту вещь, которая противилась их бегу.

Удар рождается, когда умирает движение, а движение, — когда умирает сила (А, 34об.).

Сила — духовная сущность, которая путем привходящего насилия соединяется с тяжелыми телами, извлекаемыми из [места] своего естественного желания, и хотя она живет в них недолго, тем не менее имеет удивительную мощь.

Сила — духовная мощь, бестелесная и неосязаемая, недолговечная; она порождается в телах, которые в результате привходящего насилия оказываются вне [места] своего естественного покоя. Я говорю «духовная», ибо в ней заключена жизнь невидимая; «бестелесная и неосязаемая»,— поскольку тело, в котором она родится, не возрастает ни в форме, ни в объеме (С. А., 253 с).

Сила порождается недостатком или избытком; она — дочь движения материального, внучка движения духовного, мать и начало тяжести; и тяжесть эта ограничена стихиями воды и земли, а сила не ограничена, ибо ею могли бы приводиться в движение бесконечные миры, если бы возможно было сделать орудия, способные такую силу породить.

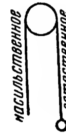
Сила берет начало от духовного движения,— движения, которое, пробегая по членам чувствующих животных, вздувает их мышцы, благодаря чему, утолщаясь, эти мускулы начинают сокращаться, и сухожилия, с ними соединенные, оттягиваются, и отсюда возникает сила в человеческих членах.

Качество и количество силы одного человека может произвести другую силу, которая будет соответственно тем большей, чем продолжительнее движение одной по сравнению с другой (В. М., 151).

Всякое движение либо естественно, либо насильственно, либо естественно-насильственно, т. е. смешано, как явствует из движения весов вниз (А, 1об.).

Существует три основных движения тяжелых тел, а именно: насильственное, поперечное и естественное. Существует два смешанных движения, а именно: насильственно-поперечное и поперечно-естественное.

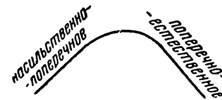
Поперечным называется такое движение, которое совершается в отрыве от движущего; и оно разделяется на два, а именно: [поперечно-] естественное и [поперечно-] насильственное.



Существует два действия этих движений, а именно: движение падающее и движение отраженное; движение падающее есть то, которое обособляет движимое от движущего и доводит его до места его удара, а отраженное движение есть то, которое отделяет движимое от места удара и поднимает его до его наибольшей высоты.



Удар есть помеха движения, т. е. конец движения падающего и начало движения отраженного.



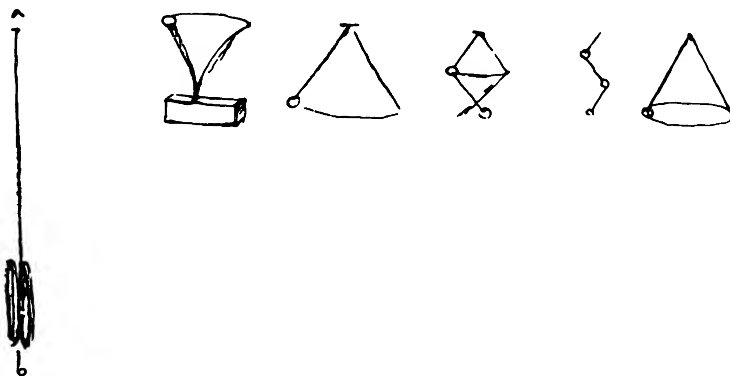
Существует два качества движения, а именно: качество возрастания и качество убывания; качество возрастания имеет место там, где тяжелое тело движется к центру мира, с каждой степенью опускания приобретая тяжесть и быстроту движения; движение убывающее имеет место тогда, когда такое тяжелое тело удаляют от центра мира и оно приобретает в любой части движения ступени легкости и медленности.

Существует три различных вида линий, по которым может осуществляться импульс или движение тяжелых тел, а именно: линия вертикальная (diretta), линия равенства [linia d'equalità, горизонтальная] и линия пологая (obliqua). Вертикальная есть такая линия, которая простирается от определенного места и направляется к центру мира. Равноотстоящая (equidiacente), или горизонтальная (equale), есть линия, оба конца которой одинаково (egualmente) удалены от центра мира; пологая — та, которая заключена между

горизонтальной и вертикальной линиями. И пологих линий может быть бесконечное множество, так как этот промежуток делим до бесконечности; и различаются они только большей или меньшей пологостью. Более полога та, которая ближе к горизонтальной линии; менее полога та, которая более приближается к вертикальной линии[1] (В. М., 90об.).

Движения бывают двоякой природы. Природа одних называется простой, а природа других — сложной. Простая природа охватывает два случая; первый — когда тело движется вокруг своей оси, не меняя положения, например колесо, жернов и т. п.; второй — когда вещь меняет положения, не вращаясь [на полях: поступательное движение]. Сложное движение есть такое, при котором наряду с переменой положения тело движется и вокруг своей оси, например движение колес телеги и т. п. Круговые движения бывают двоякой природы, природа одних называется простой, а природа других — сложной (В. М., 140об.).

О колебательном движении, всегда истощающемся при движении падающем. Колеба-



тельное движение (moto ventilante) есть такое способное отражаться движение, которое возникает в телах, лишаемых возможности про-

должать соединенный с ними импульс в том направлении, в каком он им был дан. Такие тела движутся то в одну, то в другую сторону, превращая отраженное движение в движение падающее, и движение падающее в движение отраженное, и так продолжают они двигаться до тех пор, пока этот импульс, беглец из тела, в котором он создан, не исчезнет и не умрет вместе с движением этого тела.

Хотя колебательное движение всегда порождается импульсом, оно возникает различным образом и в различных телах. Его можно будет увидеть в случае тяжелого тела, подвешенного на одной или нескольких веревках или держащегося на других поддержках, сверху или снизу, иногда в случае плеч весов, [движущихся] на оси их, иногда в случае барки, расположенной на воде, и часто — на примере воды, находящейся внутри сосудов, или ветра, отражающегося от поверхности стен. То же самое мы видим в огнях печей, и то же, как мы видим, делает море и [вода] в различных заливах рек.

Колебательное движение имеет двоякую природу, т. е. бывает само по себе прямым или же круговым. Прямое бывает тогда, когда движение это происходит лишь по двум направлениям, т. е. совершается между севером и югом или востоком и западом и т. п. Круговое движение бывает тогда, когда вокруг колеса из спаренных дисков намотана веревка и один конец такой веревки укреплен неподвижно наверху, а другой конец неподвижно соединен с этим колесом; если дают падать колесу по отвесной линии, оно станет разматываться из этой веревки до тех пор, пока веревка не размотается целиком; затем, благодаря приобретенному импульсу, оно вновь станет наматываться и поднимется вверх, ближе к месту, откуда ушло, и так будет продолжать вплоть до истощения своего импульса (B. M., 2).

Против постоянного движения. Никакая неодушевленная вещь не сможет двигаться сама собою; следовательно, если она движется, то приводима в движение либо неравной силой, т. е. силой неравной продолжительности или движения, либо неравной тяжестью. И с прекращением желания в первом двигателе тотчас же остановится второй (A, 22об.).

О движении. Ни одна неодушевленная вещь не может толкать или тянуть, не сопровождая движимой вещи; такими причинами движения могут быть лишь сила и тяжесть. Если толкает или тянет тяжесть, то она производит это движение в вещи только потому, что хочет покоя, и поскольку никакая вещь, двигающаяся падающим движением, не способна вернуться на первоначальную высоту, движение кончается.

А если движущее другую вещь есть сила, эта сила также сопровождает двигаемую ею вещь и движет ее так, что сама себя уничтожает; и когда уничтожится, никакая приводившаяся ею в движение вещь не в состоянии вновь произвести ее. Следовательно, никакая двигаемая вещь не может иметь длительного действия, потому что по устранении причин исчезают и следствия.

О движении. Всякая вещь, так находящаяся на твердой и гладкой поверхности, что ее ось не находится между частями, равными по весу, не остановится никогда. Пример виден в тех, кто скользит по льду,— они никогда не останавливаются, если части бывают на неодинаковых расстояниях от центра (А., 21об.).

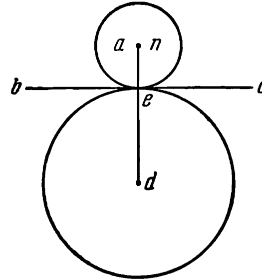
Объясни мне, почему тот, кто скользит по льду, не падает (Forst. III, 46).

Совершенная сфера, находящаяся на совершенной плоскости, не будет иметь движения, пока не сообщишь его ей. И причина этому та, что все ее части одинаково отстоят от центра, почему они всегда остаются в равновесии,— весы, имеющие плечи, одинаковые по весу и по длине, остаются без движения, а так как в этом сферическом теле обе половины равны, то и оно должно оставаться неподвижным (А, 24).

Сферическое тело не остановится на плоскости, если линия, которая простирается между центром мира и центром этого сферического тела, не пройдет через точку соприкосновения сферического тела с плоскостью, на которой оно находится,— эта линия пересекает под прямым углом названную плоскость.

Доказательство. Пусть *an* — сферическое тело, *bc* — плоскость,

на которой оно находится. Тело остановится на ней тогда, когда центральная линия, простирающаяся от центра мира до центра сферического тела, пройдет через точку соприкосновения сферического тела с названной плоскостью и остановится потому, что части сферического тела имеют одинаковый вес по сторонам центральной линии; и, согласно положению гласящему «вещи, равные между собой, не превосходят одна другую», получается, что это сферическое тело не может само собой сдвинуться с такого места (С. А., 246 а).



Всякое движение стремится к своему сохранению, или иначе: всякое движущееся тело всегда движется, пока сохраняется в нем сила его двигателя (V. U., 13).

Всякое движение будет продолжать путь своего бега по прямой линии до тех пор, пока в нем будет сохраняться природа насилия, произведенного его двигателем (С. А., 109об. а).

Аристотель говорит, что всякая вещь желает сохранить свою природу.

Тяжелое тело, изгнанное из среды легких вещей, желает такого положения, где бы оно более не весило, где бы его плотность осталась без веса; найдя его, оно более не весит и более не двигается само собою.

Тяжесть и сила (forza) стремятся к небытию, и потому та и другая насильственно поддерживают свое бытие.

Движущийся предмет стремится следовать по линии, начатой его двигателем.

Тяжесть, дочь движения, как и сила, стремится разрушиться; и потому та и другая насильственно поддерживают свое бытие. И если бы возможен был воздушный диаметр у нашей земной сферы, наподобие колодца, проходящего от одной поверхности до другой, и в этот колодец брошено было бы тяжелое тело, то хотя бы тело

это и хотело остановиться у центра, импульс оказался бы таков, что в течение многих лет оно бы проходило мимо него.

Импульс, рождающийся от движения, во многих случаях замедляет стремление движущегося предмета (С. А., 123 а).

О центрах тяжести

Тела униформно-дифформные[2] имеют в себе три центра; первый из них есть центр величины, второй — центр приобретенной тяжести и третий, менее известный, есть центр естественной тяжести.

Центр величины тел находится в середине их длины, ширины и толщины.

Центр приобретенной тяжести этих тел находится в середине между теми частями, которые уравновешивают друг друга в положении равновесия.

Центр естественной тяжести есть тот, который разделяет тело на две части, одинаковые по весу и по количеству (В. М., 123об.).

Сколько существует центров в тяжелом неоднородном теле? Три центра существуют в униформно-дифформном тяжелом теле. Из них первый есть центр естественной тяжести, второй — центр приобретенной тяжести, третий — центр величины этого тяжелого тела.

Но центр естественной тяжести определяется по равновесию только в случае, если тяжелое тело однородно по весу и имеет соответствующую форму, каковы тело сферическое, параллелепипед (parallelo) и т. п. (Е., 68об.).

О центре тяжести. Всякое неоднородное тело имеет три центра, а именно: величины, приобретенной тяжести и тяжести естественной. Но если бы оно достигло центра мира, то исчез бы центр приобретенной тяжести.

У неоднородных тел, имеющих центр величины и центр естественной тяжести, с центром мира может совпасть только центр тяжести, а центр величины останется в стороне (F, 55).

Во всяком плотном теле, противоположные части которого однородны и равны одна другой, центр естественной тяжести будет совпадать с центром его величины (В. М., 123об.).

Если бы тела были совершенно сферичными и состояли из однородной материи, они имели бы единственный центр, но это, повидимому, невозможно, поскольку материя неоднородна.

Центр истинной тяжести тел — один единственный, и, не занимая места, он находится в середине тел, оставляя кругом себя одинаковую тяжесть облекающего его тела, так что, сколько бы раз ты ни рассекал мысленно тело, в котором этот центр заключен, причем линия сечения проходила бы через центр, всякий раз ты находил бы, что тело разделено на две части одинакового веса.

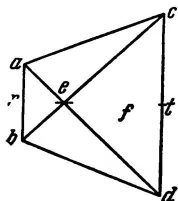
Второй центр — один единственный, и он не имеет места; я сказал «не имеет места», ибо если бы он занимал место, он не был бы неделим; он заключен в середине тяжести тел, где он всегда окружен и облечен одинаковой тяжестью со всех сторон. Я сказал «со всех сторон», а не «во всех частях» и не «по всем диаметрам» этого тела, ибо под словом «сторона» подразумевается все то, что простирается от центра вправо или влево или от центра вверх и вниз. Если бы я сказал «частей», то их получается, можно сказать, бесконечное число на каждой стороне, ибо ты не можешь указать такого маленького кусочка, который не назывался бы частью этого тела. Следовательно, если сказать «часть», формулировка будет ложная, ибо от поверхности такого тела могла бы проходить дыра к его центру, а с противоположной стороны в виде колонны имелся бы выступ такой же величины, какова полость дыры, и тогда тяжесть в промежутке между поверхностью дна и противоположной поверхностью не заключала бы в своей середине центр тяжести всего тела. Вот почему и сказано «сторона», а не «диаметр» или «часть».

И часто случается, что такой центр находится вне этих тел, т. е. не принадлежит тяжелой материи, а находится в воздухе.

И если тело, в котором этот центр заключен, рассечь ровной плоскостью, проходящей через центр, то всегда отделенные части

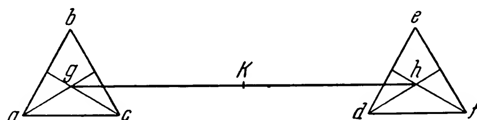
будут одинаковыми по весу. Это такой центр, который, повидимому, является душой и жизнью тяжелых тел, и та часть, где он обитает, становится вождем движения этих тел. Этот центр обитает во всех тяжелых телах и ни в одном из них не создает ничего; только всеобщая тяжесть земли дает ему успокоение среди стихий, хотя он всегда находится в непрерывном движении, и благодаря ему движется не только центр (С. А., 153об. b).

Центр тяжести любого четырехугольника будет на пересечении его диагоналей, и если у такого четырехугольника противоположные стороны не равны, этот центр тяжести переместится, т. е. окажется ближе к большей стороне четырехугольника настолько, насколько ближе точка пересечения к меньшей стороне четырехугольника.



Так, пусть четырехугольник — *abcd*, а *e* — пересечение диагоналей *ad* и *bc*, каковое пересечение ближе к меньшей стороне *ab*, чем к большей стороне *cd*. Теперь ты отмеришь циркулем расстояние *re* и перенесешь его в *ft*. Итак, я утверждаю, что центр тяжести такого тела окажется в *f* (В. М., 3).

В любой паре равных треугольников центр тяжести находится на середине линии, выходящей из центра одного треугольника и кончающейся в центре другого треугольника. Пусть мы имеем два треугольника *abc* и *def*. Центр *abc* пусть будет *g*, центр *def* пусть будет *h*. Теперь проводится линия от центра *g* в центр *h*; пусть это будет линия *gh*, каковую раздели поровну в точке *k*. Я утверждаю, что если они будут весить (peseranno) одинаково, то они будут одинаково тяжелы (ponderanno equalmente), ибо они равны; поскольку линия *gh*, выходящая из их центров, разделена пополам в точке *k*, постольку отношение между *gk* и *kh* равно отношению между одним треугольником и другим.



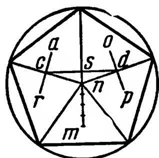
И, следовательно, *k* есть центр тяжести обоих треугольников, ибо отношение между ними равно отношению их расстояний от точки *k* — оси весов *gh*, имеющих точкой опоры точку *k*. Первое положение первой книги архимедовых «De ponderibus».

Если два неравных треугольника уравновешиваются на неравных расстояниях, то больший будет находиться на меньшем, а меньший— на большем расстоянии. У тебя два треугольника *abc* и *def*. Первый больше, и центр его есть *g*, а центр меньшего треугольника есть *h*. Теперь проведи линию из *g* в *h* и будешь иметь на этой линии центр тяжести обоих треугольников в точке *k*. На ее концах пусть будут подвешены оба треугольника, отношение между которыми обратно отношению между расстояниями их до точки *k*, их оси; ведь треугольник *abc* в $^4/_3$ раза больше треугольника *def*, и расстояние *kh* в $^4/_3$ раза больше расстояния *gk*. И так как эти треугольники не равны, то обратная пропорция, которая существует между ними и их расстояниями до оси вращения весов, заставляет их находиться в равновесии. Ведь расстояние *gk* равно 3, расстояние *kh* равно 4, треугольник *abc* равен 4 и треугольник *def* равен 3[3].

Равные количества, расположенные на равных расстояниях, уравновесятся, и если равные количества уравновешены, то они расположены на одинаковых расстояниях. И если неравные количества уравновешены, то они расположены на неравных расстояниях,— большее на меньшем расстоянии и меньшее на большем расстоянии. И если равные количества не уравновешены, они расположены на неравных расстояниях: то, которое более тяжело, находится на меньшем расстоянии. Если два количества на равных расстояниях уравновешены, то и любые равные количества, расположенные на этих же расстояниях, будут уравновешиваться. И всякое плоское тело (spazio piano) имеет центр тяжести на своей поверхности в пределах своих границ (В. М., 16—16об.).

Во всяком равностороннем пятиугольнике центр его тяжести находится в центре окружности, описанной вокруг этого пятиугольника. Это легко доказывается, ибо равносторонний пятиугольник сопри-

касается всеми своими углами с окружностью, образуя пять подобных и равных треугольников, и все их вершины сходятся в центре описанной вокруг них окружности. Итак, я подвешиваю пятиугольник в этом центре,— он уравновесится, ибо его углы одинаково отстоят от центра пятиугольника, являющегося одновременно центром описанной окружности.

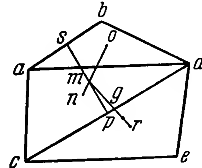


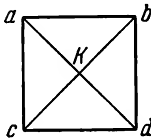
a, *o*, *r*, *p*, *m* — центры пяти треугольников, заключенных в круге и образующих означенный пятиугольник. Линия *ar* и линия *op* — отрезки, соединяющие центры четырех треугольников, а линия *cd* проходит посреди названных линий, выходящих из четырех названных центров; ее середина — *s*. Это *s* и будет центром тяжести четырех треугольников. Остается пятый треугольник *m*, который должен уравновеситься с остальными четырьмя. Стало быть, из центра *m* нужно провести линию через середину линии *cd*, через точку *s*; такую линию *ms* делят на 5 равных частей, которые распределяют около точки *n* так, чтобы получилось отношение 4 : 1, т. е. по сю сторону точки *n* четыре и по ту сторону одну. На одной части подвесь 4 треугольника, а на четырех частях подвесь один, т. е. треугольник *m*. Таким образом ты найдешь, что линия *sm* в точке *n* разделена в том же отношении, в каком находится вес четырех треугольников и вес одного.

Если стороны пятиугольника не равны, его делят на треугольники, находят их центры и проводят линии от одного центра к другому и соответственно отношению между весами треугольников делят расстояния между центрами.

Пусть мы имеем пятиугольник *abcde*, который делят на треугольники. По указанному правилу находят их центры; пусть *o* — центр треугольника *abd*, *n* — центр треугольника *acd*, а *r* — центр треугольника *cde*. Теперь проведи линию от центра треугольника *abd* к центру треугольника *acd* и получишь линию *no*. На ней, как доказано в 4-м положении, находится центр тяжести обоих треугольников. Теперь раздели *ab* пополам в точке *s*, а *cd* раздели пополам в точке *p*; затем проведи линию из точки *s* в точку *p*; такая линия делит *no* в точ-

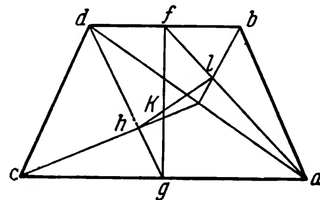
ке *m* на части, отношение между которыми равно отношению между весами обоих противоположных треугольников. Следовательно, *m* есть центр тяжести обоих треугольников, ибо *m* находится на пропорциональных расстояниях как потому, что это установлено в 5-м положении Архимеда, так и потому, что центр тяжести находится на линии *no* и на линии *sp*, делящей ее в точке их пересечения *m*. Теперь проведи линию от центра *m* к центру *r* [продолжение доказательства см. на стр. 111] (B. M., 17).





Во всяком четырехугольнике, образованном параллельными линиями и имеющем равные углы, центр его тяжести одинаково отстоит от его углов.

Пусть четырехугольник *abcd* имеет параллельные стороны и равные углы. Проведи линию из угла *a* в угол *d* и из угла *b* в угол *c*; эти линии пересекаются в середине четырехугольника в точке *к*. Следовательно, *k* будет центром тяжести такого четырехугольника; и если этот четырехугольник будет подвешен в точке *k*, то он окажется в равновесии, ибо все противоположные его части находятся на одинаковом расстоянии от центра *k* и имеют одинаковый вес, стало быть, находятся на одинаковом расстоянии от центра мира, если он подвешен в указанном центре *k*.



Во всякой трапеции (spazio mensolare) центр тяжести находится на линии, которая делит ее на две равные части, если две из ее сторон параллельны.

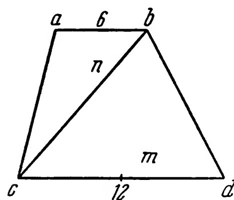
Пусть названная трапеция *abcd*, каковую ты раздели пополам линией *fg*. На этой линии, говорю я, находится центр тяжести такой трапеции.

Доказывается проведением линии от угла *a* до угла *d*. Эта линия разделит трапецию, образовав из нее два треугольника *acd* и *adb*; у них по 2-му положению найди центры и центр треугольника *acd* пусть будет *h*, а центр треугольника *adb* пусть будет *l*. Теперь проведи линию

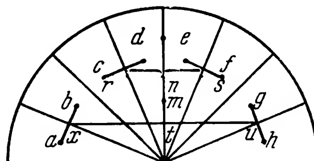
из центра h к центру l, на каковой линии ты найдешь центр обоих треугольников, как это было доказано 4-м положением.

И линия fg делит такую трапецию на две равные части $abfg$ и $cdfg$, деля линию hl в точке k, которая есть центр названной трапеции, ибо линия fg делит трапецию на равные части, и, следовательно, вес одной таков же, как и вес другой; потому на этой линии, т. е. на hl, находится центр вышеназванной тяжести; эта линия разделена линией fg в точке k. Отсюда: каково отношение hk к kl, таково отношение треугольника acd к треугольнику adb; стало быть, они уравновешивают друг друга.

И так как центр тяжести находится на линии hl и на линии fg, а точка k находится на той и другой линии, то k есть центр тяжести названной трапеции, что и требовалось доказать. И если вес трапеции равен 60, то вес треугольника abd равен 36, а вес треугольника acd равен 24, а линия hl, равная корню из 15 $^1/_9$, разделена в точке k в пропорции треугольников, что дает для lk корень из 5 $^{11}/_{25}$ и для hk корень из 2 $^{94}/_{225}$.

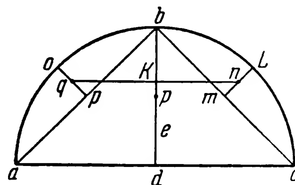


Если ab параллельна cd, то отношение треугольника n к треугольнику m равно отношению линии ab к линии cd. Доказывается тем, что треугольник abc имеет высоту, равную высоте треугольника cdb (В. М., 17об.).



Пусть полукруг разделен на 8 подобных и равных треугольников. Найди их центры по первому положению. Затем проведи линию от центра к центру и получишь четыре линии, каждая из которых кончается в центрах двух треугольников, а именно треугольников a, b, c, d, e, f, g, h. Теперь возьми середину линии cd и линии ef, это будут r и s, и проведи линию из r в s; затем проведи линию xu из середины линии ab и линии gh; затем проведи линию nt из середины линии rs и середины линии xu. Теперь делается заключение, что центр тяжести полукруга находится на середине линии nt в точке m (В. М., 215).

Во всяком сегменте, представляющем собою остаток от вписанного квадрата (porzione di rettangulo), центр тяжести находится на диаметре, деля его в отношении 4 : 3, причем меньшая часть находится ближе к основанию.



Пусть *abc* — сегмент, а *ac* — основание, разделенное пополам в точке *d*. В точке *d* восставлен перпендикуляр *bd*, являющийся диаметром сегмента. В этот сегмент вписывается треугольник *abc*. Теперь раздели *bd*, высоту треугольника *abc*, в точке *k* так, чтобы отношение *bk* и *kd* было равно отношению треугольника к остальной части сегмента. Тогда получится, что так же, как в этом сегменте, относятся друг к другу треугольник и остальная часть, так и в высоте имеется то же отношение треугольника к остальной части сегмента, т. е. отношение *bk* и *kd*. Вот почему, если показанные величины находятся, как доказано, в одном и том же отношении, я утверждаю, что *k* есть центр сегмента *abc* и *bк* стоит к *kd* в отношении 3 : 4.

Кроме того, делят диаметры обеих частей остатка в отношении 4 : 3, каковыми диаметрами являются *lm* и *op*. Теперь раздели *lm* в точке *n* и отношение *ln* к *nm* пусть будет равно 4 : 3; точно так же диаметр *op* пусть будет разделен в точке *q* так, чтобы отношение *oq* к *qp* было равно 4 : 3. Далее проведи линию из *q* в *n* и пересечешь *bd* в точке *k*, каковая точка *k* есть центр обоих сегментов, ибо находится на пересечении обеих линий *bd* и *qn*, и в этом пересечении находится общий центр обоих сегментов. Далее найди центр тяжести треугольника по указанному правилу; он окажется в *e*. Теперь в *e* подвешен треугольник, а в *k* подвешены оба сегмента. Точка *p* делит *ke* в отношении 4 : 3, треугольник находится на меньшем расстоянии, а остаток — на большем расстоянии* треугольника *cde*; это будет *mr*. Раздели *mr* в точке *g* так, чтобы отношение *mg* к *gr* было равно отношению веса треугольника *cde* к весу двух названных противоположных

* Дальше идет продолжение доказательства, помещенного на стр. 109 (В. М., 17).

треугольников. Тогда, при подобном делении, я говорю, что *g* — центр пятиугольника; этот вывод доказывается вышеприведенными соображениями. Кроме того, доказывается, что *g* есть центр тяжести такого пятиугольника, ибо отношение расстояний центров тяжести до *g* равно отношению между весами треугольников. Что это так, я доказываю следующим образом: поскольку линия *cd* вдвое больше линии *ab*, линия *ad*, которая делит эту фигуру, образует из нее треугольники, вдвое бóльшие один другого, и линия *no*, на которой они подвешены своими центрами, разделена точкой *m* в отношении 2 : 1. Больший треугольник подвешен на меньшей части *mn*; меньший подвешен на большей части *mo* так, что *m* есть центр тяжести этих двух треугольников. Теперь, поскольку третий треугольник *cde* равен половине четырехугольника *acde*, он равен и половине *cad*, а потому треугольник *cad* вдвое больше треугольника *abd*. В этом нас убеждаст линия *sp*, ибо она пересекает линию *no*, которая выходит из центров этих треугольников, деля эту линию *no* в таком же отношении, в каком находятся треугольники друг с другом, меньший на большей части, а больший — на меньшей. Теперь, поскольку отношение обоих названных треугольников к треугольнику *cde* равно 3 : 2, постольку линия, простирающаяся от центра *r* треугольника *cde* до *m*, центра тяжести обоих верхних треугольников, постольку эта линия *rm* будет также разделена в отношении 3 : 2 в точке *g*. И таким образом, треугольник *cde* подвешен на большем расстоянии *gr*, а оба противоположных треугольника подвешены на меньшем расстоянии *gm* (В. М., 215).

Центр тяжести усеченной пирамиды будет находиться на одной трети ее высоты, считая от основания.

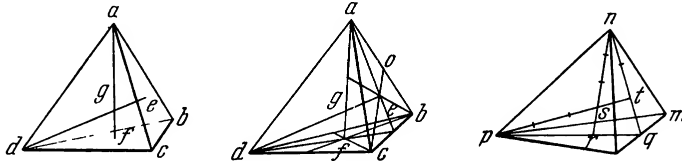
И если бы ты захотел приблизиться к истине и узнать подлинный центр тяжести полукруга, раздели его на столько пирамид [треугольников], чтобы кривизна их оснований оказалась почти неощутимой и как бы представлялась прямой линией, и дальше придерживайся способа, здесь изображенного, тогда ты почти достигнешь истины касательно вышеназванного подлинного центра (V. U., 2об.).

Пирамида имеет три центра, а именно: центр естественной тяжести, центр приобретенной тяжести и центр своей высоты.

Центр естественной тяжести будет между третьей и четвертой частями ее высоты, а центр тяжести приобретенной — на трети ее высоты (С. А., 100об. с).

Центр тяжести всякой пирамиды находится на четверти оси ее, считая от основания; и если разделишь ось на четыре равных части и пересечешь две из ее осей, то точка их пересечения придется на указанную четверть (F, 51).

Нижние оси граненых пирамид, которые начинаются на трети высоты соответствующих оснований, пересекутся на четверти своей длины, считая от основания.



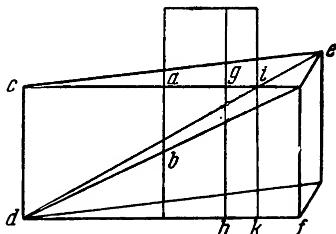
Смотри здесь на первом чертеже то, что выше было предложено. На втором показано, как линии *af* и *de* выходят из своих углов и кончаются на трети высоты своих граней. На третьем чертеже видно, каким образом линии, проведенные от трети высоты указанных граней и кончающиеся в противоположных углах, каким образом эти линии пересекаются на четверти своей длины, что видно из линий *pt* и *nr*, пересекающихся в точке *s*.

Пирамида с треугольным основанием имеет центр своей естественной тяжести в сечении, которое простирается от середины основания до середины стороны, противолежащей этому основанию, — в сечении, параллельном линии встречи основания с вышеуказанной стороной (В. М., 123об.).

Во всякой пирамиде круглой, треугольной или четырехугольной, или с любым числом сторон, центр тяжести будет находиться на 4-й части ее оси (assis), ближе к основанию. Пусть мы имеем пирамиду

abcd с основанием *bcd* и вершина ее пусть будет *a*. Найди центр основания *bcd*; это будет *f*; затем найди центр грани *abc*. Это будет *e*, как раньше было доказано. Теперь проведи линию *af*; на ней и находится центр тяжести пирамиды. Ведь *f* есть центр основания *bcd* и вершина *a* находится по отвесу над *f*, а углы *b*, *c* и *d* одинаково отстоят от *f* и имеют одинаковый вес, так что центр находится на линии *af*. Теперь проведи линию из угла *d* к центру *e* грани *abc*, пересекая *af* в точке *g*. Я говорю, основываясь на вышеприведенных соображениях, что центр тяжести находится на линии *de*.

Следовательно, так как центр находится на каждой из этих линий и вместе с тем не может существовать больше одного центра, он должен по необходимости находиться на пересечении названных линий, а именно в точке *g*, ибо угол *a*, угол *b*, угол *c* и угол *d* находятся на одинаковом расстоянии от этой точки *g* (В. М., 218об.).



Зная центр естественной тяжести клина и зная центр естественной тяжести остатка от большой пирамиды[4], которую можно вообразить себе в этом клине, я хочу найти центр тяжести вышеуказанной пирамиды.

cde — пирамида, отрезанная от клина *cdef*; центр ее естественной тяжести — на *ab*. И эта пирамида *cde* составляет треть всего клина *cdef*; на *gh* — центр естественной тяжести всего клина.

Итак, зная центр естественной тяжести пирамиды *cde*, а равным образом и центр естественной тяжести клина и зная, что вес пирамиды равен трети веса клина, мы возьмем обратное отношение к двум единицам расстояния и двум единицам веса, разделив промежуток *ag* на две равные части и одну из этих частей отложив к *ik*. Тогда мы будем иметь здесь центр естественной тяжести пирамиды *def* (В. М., 124).

Если дан центр естественной тяжести тела, то нельзя на этом основании найти центр естественной тяжести части этого тела.

Также, если известен центр приобретенной тяжести тела, то нельзя на основании его найти центр приобретенной тяжести частей этого тела.

Если даны центры приобретенной тяжести частей определенного тела, то возможно на основании их найти центр приобретенной тяжести всего тела.

Если дан центр естественной тяжести каждой части тела, будет возможно на основе этого знания найти центр естественной тяжести всего тела.

При помощи центра естественной тяжести определенной части тела и центра приобретенной тяжести другой части не будет возможно отыскать ни центр естественной, ни центр приобретенной тяжести всего тела.

При помощи одного лишь центра естественной или приобретенной тяжести тела никогда не будет найден центр естественной или приобретенной тяжести частей этого тела.

При помощи центра естественной тяжести как частей, так и всего тела, нельзя отыскать центр приобретенной тяжести (В. М., 123).

При помощи центра естественной тяжести тела и центра естественной тяжести одной из его частей находят центр естественной тяжести остальной части.

При помощи центра тяжести частей того или иного тела отыскивают центр естественной тяжести всего тела.

Невозможно при помощи центра приобретенной тяжести тела и центра естественной тяжести одной из частей этого тела найти центр естественной тяжести остальной части такого тела.

При помощи центра естественной тяжести целого и одной части тела отыскивают центр естественной тяжести остальной части тела.

При помощи центра приобретенной тяжести тела и центра естественной тяжести одной части этого тела нельзя отыскать центр естественной тяжести остальной части этого тела (В. М., 124об.).

При помощи центров приобретенной тяжести обеих частей, на которые может быть разделено любое тело, нахо́дят центр естественной тяжести всего названного тела.

При помощи центра естественной тяжести частей, на которые разделилось тело, находят центр приобретенной тяжести всего тела.

При помощи центра естественной тяжести и центра приобретенной тяжести обеих частей, на которые разделилось тело, находят центр приобретенной тяжести всего тела.

При помощи центра естественной тяжести одной из обеих частей, на которые разделилось тело, и центра тяжести другой части находят центр приобретенной тяжести всего их тела.

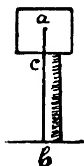
При помощи центра приобретенной тяжести того или иного тела находят центр приобретенной тяжести обеих частей, на которые разделилось такое тело.

При помощи центра приобретенной тяжести найти центр естественной тяжести одной из двух частей, на которые тело разделено, зная [в оригинале: nel centro, читаю: col centro] центр приобретенной тяжести другой части.

При помощи центра естественной тяжести тела и центра естественной тяжести одной части этого тела можно будет отыскать центр естественной тяжести остальной части такого тела.

При помощи центра естественной тяжести частей отыскивают центр естественной тяжести всего целого.

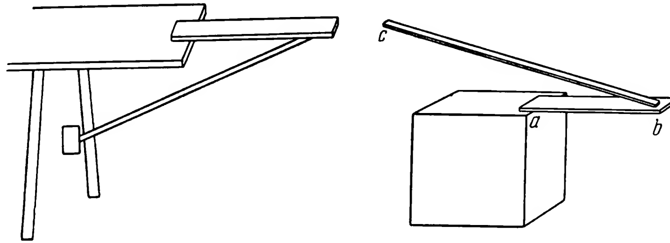
При помощи центра приобретенной тяжести частей того или иного тела отыскивают центр приобретенной тяжести всего тела; однако, на основании центра приобретенной и естественной тяжести или на основании центра естественной и приобретенной тяжести, никогда не будет найден ни центр приобретенной, ни центр естественной тяжести частей этого тела (B. M., 111об.).



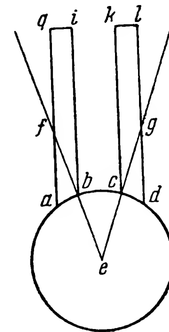
Никакое тяжелое тело не утвердится на опоре, на которой оно лежит, если центральная линия его тяжести не будет касаться лицевой поверхности такой опоры. Пусть *cb* — названная опора, *a* — тяжелое тело, положенное на эту опору; *a* пусть будет центром его тяжести, *ac* — центральная линия этого тяжелого тела. Я утверждаю, что это тяжелое тело не сможет утвердиться на

такой опоре, если центральная линия не будет касаться лицевой поверхности опоры, ибо в противном случае бо́льшая тяжесть оказалась бы за пределами своей поддержки и таким образом увлекла бы при своем падении часть более легкую (B. M., 11).

О середине и о тяжести. Тяжелое цельное тело, поддерживаемое в середине и имеющее остальную часть на весу, может иметь любую необыкновенную форму, какую угодно, и всегда оно будет находиться в равновесии на своей опоре, хотя в некоторых случаях концы его и не отстоят одинаково от центра тяжести.



Примеры. Пусть, например, *ab* — кусок линейки, который лежит, только одним концом *a*, а остальная часть находится на весу; это невозможно сделать, прежде чем ты не соединишь и не скрепишь с ней тяжесть *cb*, образующую такой противовес, что *a* оказывается в середине между *c* и *b*. И тогда такой груз утвердится на точке опоры (polo) *a*. Приспособление снизу подведено на тех же основаниях (A, 33об.).

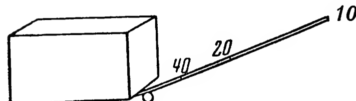


Если сделать две башни[5] сплошь прямые и если пространство, заключающееся между ними, всюду одинаково, нет сомнения, что обе башни обрушатся друг на друга, если возведение той или другой будет продолжаться на равную высоту.

Пусть две централи двух углов *b* и *c* идут все прямо. Если они пересекают эти башни одну в c_g и другую в *bf*, следует, что линии эти не

проходят через центр тяжести их длины, отчего *klcg*, часть одной, весит больше, чем остаток ее *cgd*, а неравные вещи одолевают одна другую; почему, по необходимости, больший груз башни увлечет всю такую башню к башне противоположной; и то же сделает другая башня навстречу первой (F, 83).

О рычаге и весах



О природе рычага. Столько же делают 10 фунтов на конце рычага, сколько 20 на середине и сколько 40 на четверти (А, 33об.).

Груз, подвешенный на конце рычага, сделанного из любого материала, поднимет на конце противорычага тяжесть бо́льшую во столько раз, сколько раз противорычаг содержится в рычаге (А, 47об.).

Отношение между грузами, которые держатся на плечах весов, находящихся в горизонтальном положении, такое же, как и отношение между плечами, но обратное (С. А., 176об.).

Раздели данный вес в пропорции плеч и поменяй затем эти веса местами на указанных плечах (В. М., 227об.).

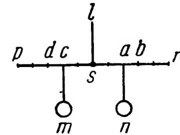
Умножь деления рычага на фунты к нему прикрепленного груза и результат раздели на деления противорычага, и частное будет противовес, который, находясь на противорычаге, противится опусканию груза, находящегося на указанном рычаге.

Например: 2 деления *nm* помножь на вес *d* [в оригинале: *b*], что дает 8; раздели их на 4 деления *mo*, получается 2; и это 2 есть противовес, который, будучи помещен в *os*, противится опусканию 4-х, помещенных в *nd*.

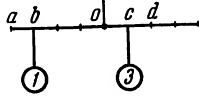
И, обратно, ты скажешь: дважды четыре равно 8; раздели на 2 деления *mn*, получишь 4; и так, ты имеешь 4 для груза *d*, и так это правило всегда подтверждается (В. М., 1).

Умножь большее плечо весов на груз, им поддерживаемый, и раздели результат на меньшее плечо, и частное будет груз, который, находясь на меньшем плече, противится опусканию большего плеча, в случае равновесия плеч весов (В. М., 1об.).

Если отодвинуть равные грузы на равные расстояния от центра, или оси вращения весов, то они сохранят концы весов равноотстоящими от этой оси, т. е. если грузы m и n, подвешенные в c и a, будут одинаково тяжелы и будут находиться на равном расстоянии от оси весов s, и если ты отодвинешь их от этой оси в d и b, то при равенстве этих расстояний концы весов p и r останутся на равном расстоянии от l.

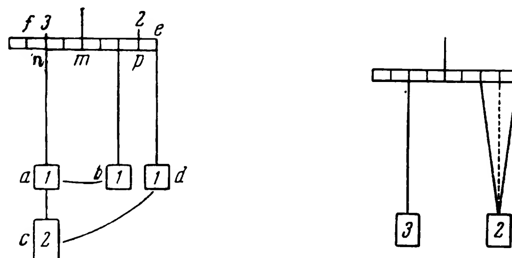


Если неравные грузы поместить на весах на неравных расстояниях так, чтобы весы при этом остались горизонтальными, а затем раздвинуть их на равные расстояния, то весы наклонятся в сторону большего груза. Так, если груз b весит один фунт, он будет уравновешен 3 фунтами в c; причина та, что если он отстоит на 3 унции, а c отстоит на 1 унцию от оси, то необходимо, чтобы обе стороны, разделенные посредине осью, были численно равны; так, если c равно 4, т. е. 3 фунтам веса и 1 делению плеча, что составляет 4, то подобным же образом b будет иметь 3 деления и 1 фунт, что составляет 4; следовательно, имея в фунтах и делениях по 4 на каждой стороне, весы будут горизонтальными.



Если теперь ты хочешь одинаково отдалить оба груза от их места, то больший груз потянет плечо весов вниз. Причина та, что если ты перемещаешь b в a, а c в d, то расстояния от оси до груза выходят из прежней пропорции, ибо co раньше содержалось 3 раза в ob, а после перемещения грузов в a и d, do содержится 2 раза в oa, а не 3 раза, как раньше. И для того, чтобы уравнять эти весы, необходимо было бы, чтобы груз 3 сделался равным 2, тогда все было бы в порядке; а если этого нет, то 3 опускается вниз (А, 52об.).

О центре тяжести. Центр подвешенной тяжести находится на центральной линии веревки, ее поддерживающей. Доказывается подвешенными к первым весам грузами *b*, *d*, у которых, даже



если они соединены в одно тело, центр тяжести находится между обеими подвесками — в *p*. И следует это принять потому, что груз *a* уравновешивает груз *b*, при равном плече весов, а *c*, второй груз, уравновешивает груз *d*; но пропорциональные грузам промежутки суть *nm* и *mp*, которые находятся в отношении 1 к 1 $^1/_2$, и в таком же, но обратном отношении находятся грузы, а именно *ac* и *bd*. Доказано, следовательно, что центр *p* есть центр подвешенной тяжести *bd*, разъединенной [на две] или цельной, и вместе с тем, думается мне, я доказал второй случай, с ним же вместе и третий (Е, 33).

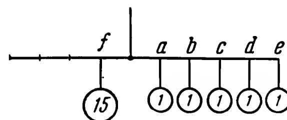
Если к неравным вещам прибавить неравные, находящиеся между собой в том же самом отношении, как и первые, то общая сумма не изменит первого отношения.

Если к неравным грузам прибавить равные грузы, то суммы останутся неравными.

Если к неравным вещам присоединить вещи, находящиеся в том же отношении, что и первые, и вещи, дающие вместе с первыми равные суммы, то, поместив их в положениях, противоположных тем, в которых находятся первоначальные грузы, мы получим равные суммы (В. М., 79).

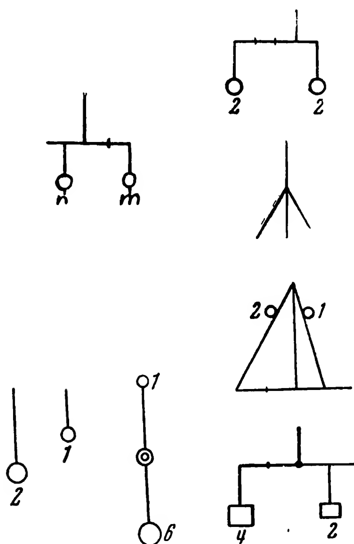
О тяжести. Спрашиваю: если оба плеча рычага разделены на равные части и в *a*, *b*, *c*, *d*, *e* будет подвешено по одному фунту, сколько фунтов их

уравновесят в *f*? Сделаешь так: *a* уравновешивает один фунт, подвешенный в *f*, *b* уравновешивает 2, *c*—3, *d*—4 и *e*—5, а вся сумма уравновешивает 15 фунтов, подвешенных в *f* (А, 5).



Размести завтра два твоих крайних груза во всех известных тебе пропорциях и следи за более тяжелым грузом в середине, — как он меняет положение от изменения своей тяжести? и для всех выведи закон (С. А., 238 а).

Всякое тяжелое тело стремится к середине [мира]; и та преграда, которая будет более пологой, больше сопротивляется ему; и то тело окажется более тяжелым, которое будет встречать более слабое сопротивление; и то сопротивление будет более слабым, которое более удалено от точки своего укрепления. Равные грузы окажутся в той же пропорции, как и их сопротивления. Так, *m* по весу равно *n*, но так как его сопротивление соответствует вдвое большей длине, чем сопротивление *n*, то сопротивление это и вдвое слабее. Следовательно, *m*, будучи равно 1, равносильно 2 при 1 в *n*, ибо плечо *m* вдвое длиннее плеча *n*; вот почему если кто-нибудь поместит в *n* еще один груз, равный первому, то *n* будет иметь вдвое больше тяжести, чем *m*, и таким образом весы будут иметь равные силы по обе стороны оси своего вращения.



Во всяком тяжелом теле способность естественного движения тяжести одинакова, будучи взята на одной и той же стороне [весов].

Равные грузы, одинаково отстоящие от центральной линии оси вращения весов, не выведут плечи этих весов из горизонтального положения; и если эти плечи будут случайно выведены из него, то они сами собою примут указанное положение.

Центральная линия есть воображаемая прямая, которая простирается от центра весов до центра мира, и она имеет свойство располагаться между тяжестями весов и разделять их на тяжести одинаковой силы и приобретенного свойства.

Неравные грузы располагаются центром своей тяжести вместе с прямой линией весов на центральной линии оси вращения.

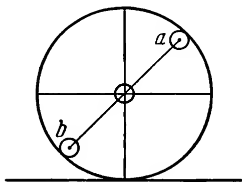
Если к неравным плечам весов подвесить равные грузы, то груз, подвешенный на более длинной стороне, станет причиной движения весов.

Если плечи весов будут находиться в том же отношении, в каком находятся подвешенные к ним грузы, и если на более коротком плече подвешен более тяжелый груз, то такие грузы будут одинаково тяжелы соответственно своему положению (secondo il sito).

Равенство наклона сохраняет одинаковое бытие тяжести на плечах весов. При неравенстве наклона плеч, хотя бы они и были разной длины, грузы сопротивляются друг другу в отношении, обратном к длине и к наклону этих плеч[6].

Если два груза будут опускаться по двум разным наклонам и отношения между тяжестями и наклонами будут равны, то скорости опускания грузов окажутся одинаковыми.

Если отношение плеч будет соответствовать отношению данных грузов и более тяжелый груз будет висеть на более коротком плече, весы останутся в горизонтальном положении (B. M., 76об.).



Весы с равными плечами и равными грузами, выведенные из горизонтального положения, образуют неравные плечи тяжести, вот почему необходимость понуждает их вновь приобрести утраченное равенство плеч и тяжестей.

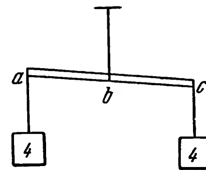
Доказывается на основании второго [положения] этой [книги] и доказывается тем, что груз, более высокий и более удаленный от центра вращения, нежели груз более низкий, имеет более слабую поддержку, а потому легче опускается и поднимает вверх противоположную сторону с грузом, находящимся на конце меньшего плеча.

Эти тяжести *a* и *b* будет уравновешиваться в любом положении (Е, 59).

Почему весы с равными плечами и равными грузами останавливаются в горизонтальном положении? Всякое жидкое тяжелое тело приходит в состояние покоя на противоположных концах, занимая положение равенства[7], так как это тело имеет однородную естественную тяжесть. И одна сторона опускается на столько же, на сколько поднимается другая, совершая по отношению к центру такие же движения, какие можно видеть на концах весов, совершающих колебания вверх и вниз в отношении оси до тех пор, пока не истощится их импульс. И это происходит единственно от неодинаковости этих противоположных сторон в отношении к центру воды и центру весов (Е, 57об.).

Если весы имеют два равных плеча, эти плечи всегда будут стоять на равной высоте, и хотя бы их многократно выводили из их положения, они всегда вернутся в горизонтальное положение (В. М., 33).

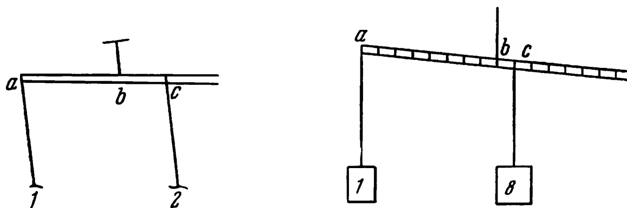
Правило для нахождения противовеса к данному весу, находящемуся на одном из плеч весов. Помножь плечо противовеса на величину данного веса, взяв его столько раз, сколько раз в этом плече содержится противоположное плечо, и на произведение раздели величину веса; то, что получится, опять умножь на величину веса, и результат даст надлежащий противовес к данному весу.



Пусть *c* будет данным весом, к которому я хочу на противоположном плече *ab* найти противовес. Я множу плечо *ab* на величину данного веса, равного 4, взятого столько раз, сколько раз в плече *ab* содержится противоположное плечо *bc*,— в данном случае плечи весов равны, поэтому ты скажешь, что плечо противовеса *ab* умножается на данный вес, равный 4, взятый один только раз, ибо один

только раз в плече *ab* содержится противоположное плечо *bc*. Затем на полученное произведение 4*ab* ты разделишь данный вес *c* или 4 и получишь 1. Эту единицу помножь на данный вес, равный 4, произведение даст 4, каковое 4, помещенное в *a*, будет истинным противовесом 4, находящимся в *c*, ибо равные веса, помещенные на равных плечах, противятся опусканию одно другого[8] (С. А., 369 d).

Помножь плечо *ab*, поддерживающее противовес *a*, на данный вес *c*, равный 2, взяв его столько раз, сколько раз в этом плече со-



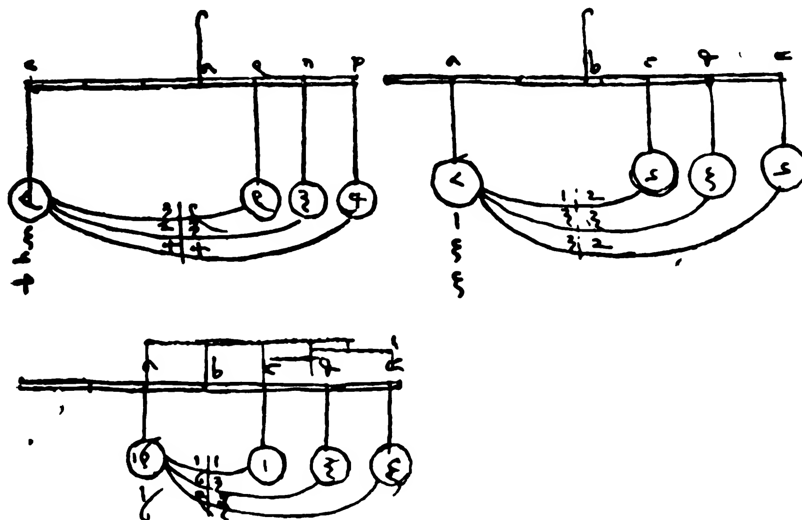
держится противоположное плечо *bc*, равное 1. В *ab*, равном 2, плечо *bc*, равное 1, содержится 2 раза. На полученное произведение, равное 4, ты разделишь данный вес *c*, равный 2, и получишь $^1/_2$. Эту половину опять умножь на данный вес *c*, равный 2, произведение будет $^2/_2$, т. е. единица, каковая, будучи помещена в *a*, дает истинный противовес к данному весу *c*.

По тому же правилу ты скажешь: 8 *ab* на 8 *c* дает 64 (ибо плечо *ab* содержит 8 раз плечо *bc*). Раздели эти 8 *c* на 64, получится $^8/_{64}$; это число помножь опять на эти 8, получится $^{64}/_{64}$, т. е. единица, каковая, будучи помещена в *a*, противостоит 8 в *c*.

Доказательство, почему этот способ хорош. Смотри: здесь умножение плеча *ab* на вес *c*, взятый столько раз, сколько раз плечо *bc* содержится в *ab*, дает 64 в *a*, а 64 относится к 8 так же, как 8 к 1. Теперь для того, чтобы 64 превратить в единицу, тебе необходимо разделить 8 на 64, что дает $^8/_{64}$, т. е. $^1/_8$; а для того, чтобы эта восьмая превратилась в целое число, помножь эту

$^1/_8$ на 8, находящихся в *c*, и получишь $^8/_8$, т. е. целую единицу, и будет хорошо (С. А., 369об. b).

Уравновешивание одного сложного стержня с другим. Это правило показывает, каким образом ты можешь на плечах равноплечих весов поместить много грузов, противостоящих один другому, и узнать о каждом грузе отдельно, какая часть противостоит ему в каждом из противолежащих грузов, уравновешивающих его. Можно сделать это в дробях и в целых числах.

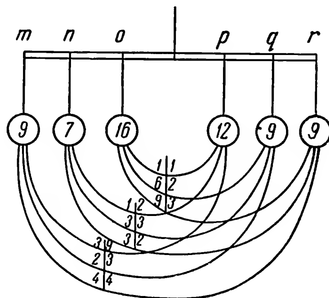


Здесь, так как расстояние *qa* содержится 3 раза в *a*, 3 в *a* будет уравновешивать 9, и так как *an* содержится $1^1/_2$ раза в *ac*, т. е. *an* есть $^2/_3$ от *ca*, *ca* будет уравновешивать $^2/_3$ тяжести *n*. И так как расстояние *ap* содержится один раз в *ca*, то 4 в *c* будет также уравновешивать 4 в *p*. Теперь сложи вместе числа в *c* (т. е. 3, 2 и 4, что дает 9) и помести в круге, привешенном в *ac*.

Здесь, так как *bc* есть $^1/_2$ расстояния *ab*, груз, противоположный ему в *a*, будет половиной груза *c*, и так как расстояния *ab* и *bd* равны,

тяжести также будут равны. И так как расстояние *ab* равно $^2/_3$ от *be*, вес в *e* будет составлять $^2/_3$ веса в *a*. Сложи числа, сумма которых дает 7, и помести их в круг *a*.

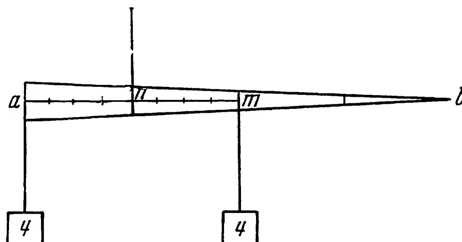
Здесь *ab* и *bc* — равные расстояния; следовательно, равными будут и привешенные к ним грузы. И так как *ab* есть половина расстояния *bd*, *d* дает половину веса, помещенного в *a*, а так как *ab* есть $^1/_3$ от *be*, то вес в *e* будет $^1/_3$ веса *a*. Сложи затем числа, помещенные внизу, и помести в круг *a*.



Эта фигура есть итог трех помещенных здесь рядом и соединенных вместе. И сначала я черчу три, чтобы показать легкий путь к трудному. Сделай так: возьми первую фигуру и помести ее 9 здесь под *m*; затем возьми 7 из второй фигуры и помести под *n*; затем возьмешь 16 из третьей и последней фигуры и поместишь их под *o*. Затем совмести ось весов этих трех фигур и возьми первые грузы, сложив их, т. е. из первой фигуры возьми 9, из второй 2, из третьей 1, сложи и получишь 12. Помести их в этой сводной фигуре под *p*. Затем вернись к трем фигурам и возьми вторые грузы по ту сторону оси, т. е. в первой фигуре возьми 3, во второй 3, в третьей 3; сумма их составляет 9, помести ее здесь под *q*. Затем сделай то же с тремя последними грузами, остающимися в названных трех фигурах, сложи их и помести здесь под *r*. Тогда ты увидишь, какую часть тяжести уравновешивает каждый из трех грузов в каждом из противоположных ему грузов.

И знай, что если бы на изображенных выше весах я снял или сбросил 9, помещенные под *m*, и противоположные 9 в *r*, весы не изменили бы положения. Также, сняв 9 из *m*, я мог бы снять 9 из 12, помещенных в *p*, и 3 из 9, помещенных в 7, и 4 из 9, помещенных в *r* — и весы также остались бы в том же положении. И об этом мы будем трактовать в другом месте, так как здесь больше места нет (C. A., 86 a — b).

Хотя бы плечи весов, противящиеся опусканию одно другого, имели разную длину и толщину, как и разный вес и форму, тем не менее их части, одинаково удаленные от оси вращения весов, одинаково противятся равным грузам, к ним привешенным.



Доказательство. Пусть *ab* — названные весы; *n* — центр их приобретенной тяжести, находящийся на $^1/_4$ высоты круглой пирамиды [конуса], считая от основания. Тогда при условии, что *an* и *nb* одинаково противятся опусканию одно другого, имея сами по себе разный вес, разную длину, толщину и форму, я подвешу равные грузы на равных расстояниях от оси вращения весов *n*, а именно в *a* и *m*. Посредством таких равных грузов я не нарушу первоначальное горизонтальное положение весов. Следовательно, их плечи остаются на прежнем уровне, когда одно противилось другому (В. М., 67).

О весомом рычаге

О том, где наука о тяжестях вводится в заблуждение практикою. Наука о тяжестях вводима в заблуждение своею практикою, которая во многих частях не находится в согласии с этою наукою, причем и невозможно привести ее к согласию. И это происходит от осей вращения весов, благодаря которым создается наука об этих тяжестях. Эти оси, по мнению древних философов, имеют природу математической линии, и в некоторых случаях являются математическими точками,— точками и линиями, которые бестелесны; практика же полагает их телесными, потому что так велит необходимость, раз они должны поддерживать тяжесть этих весов вместе с взвешиваемыми на них грузами.

Я нашел, что эти древние ошибались в своем суждении о тяжестях и что ошибка эта произошла оттого, что они в значительной части своей науки пользовались телесными осями, и в значительной — осями математическими, т. е. мысленными или бестелесными.

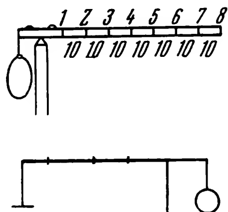
Грузы, незначительно отличающиеся, незначительно выводят весы из горизонтального положения (С. А., 93об. b).

Проверь на опыте и опиши природу осей весов, когда они толсты или тонки, находятся в середине, внизу, или наверху, или занимают промежуточное положение между указанными. И точно так же о связях балок, соединяемых посредине или сбоку (С. А., 146 с).

Требование. Я требую, чтобы, когда я говорю aste (стержень, плечо) подразумевалось длинное тело, везде одинаково толстое и тяжелое, и того же я требую, говоря о веревках.

Центр тяжести стержня всегда будет в середине его толщины и длины, на какой бы ступени наклона он ни был (В. М., 33).

О рычаге. Противовес рычага везде одинаковой толщины ты измеришь так: возьми меру противорычага, раздели ею и разметь рычаг, т. е. если противорычаг равен 1 локтю, а рычаг — 8, отметить на рычаге 8 локтей. Допустим, что локоть рычага весит 1 фунт; тогда и 8-й локоть рычага, находящийся за 7 локтями, может быть принят за 1 фунт, находящийся на рычаге в 7 локтей при противорычаге в 1 локоть. Ты скажешь поэтому, что 7 делений против 1 требуют 7 фунтов груза на противорычаге против 1 фунта на конце 7 делений рычага.

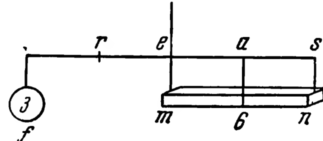


Следовательно, об изображенном рычаге, имеющем 8 локтей против 1 локтя и 8 фунтов против 1 фунта, скажи, что первый локоть рычага уравновешивается тяжестью противорычага, равного 1 локтю, и подсчитай остальные 7 локтей и скажи, что при сложении тяжести всех 7 локтей получается 35 фунтов [т. е. 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 +

+ 8]; следовательно, еще 1 фунт тяжести противорычага [т. е. всего 36 фунтов] уравновесит рычаг.

Но дабы полностью узнать действительную тяжесть, знай, что в каждом локте рычага, взятом отдельно, та половина, которая дальше расположена от оси вращения весов, тяжелее, чем та, которая расположена ближе к ней. И для того, чтобы определить это точно, возьми половину последнего локтя и подвесь ее к концу другой половины этого локтя, и каким ты найдешь этот локоть по весу, таким его и считай. Поступай, как показано на чертеже (А, 51об.).

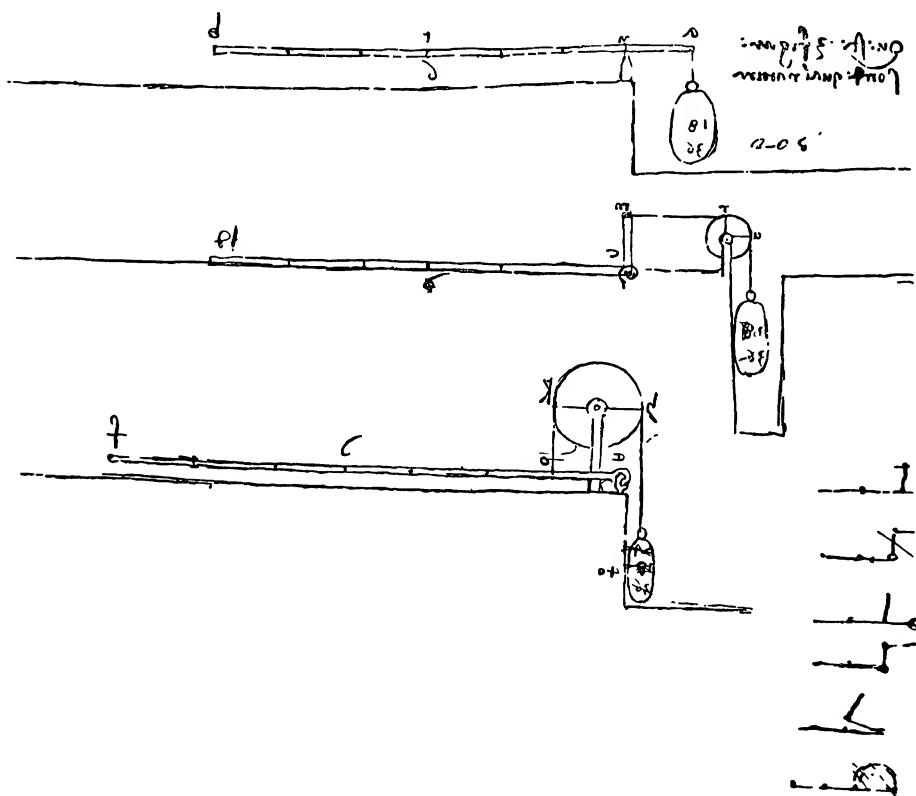
Если весы будут иметь груз, равный по длине одному из их плеч, например *mn*, весом в 6 фунтов, то сколько фунтов, помещенных в *f*, уравновесят его? Говорю, что достаточно 3 фунтов, потому что, если груз *mn* по длине равен одному из плеч, ты сможешь считать, что он помещен посредине этого плеча весов в точке *a*; следовательно, если в *a* будет 6 фунтов, 6 других фунтов, помещенных в *r*, уравновесят их; и если отодвинешь на столько же к концу весов..., то уравновесят их 3 фунта (А, 5).



Чтобы испытать человека и увидать, имеет ли он правильное суждение о природе тяжестей, спроси его, где нужно укоротить одно из равных плеч весов и сделать так, чтобы отрезанная часть, подвешенная к концу оставшейся части, в точности уравновесила противоположное плечо, каковая вещь никогда не возможна. И если он тебе укажет положение, то он — горе-математик.

Весы *ab* имеют шесть делений на рычаге против одного на противорычаге, вес же всего рычага *nd* таков, как если бы этот рычаг со всей своей тяжестью был подвешен на воображаемой линии в *t*. Так как этот рычаг имеет 6 единиц веса, то можно принять, что эти 6 единиц находятся в *c*; и так как противорычаг *an* содержится 3 раза в *nt*, то он потребует втрое больше тяжести на своем конце, чтобы уравновесить *c*; и так как это *c* имеет 6 единиц веса, то в *a* потребуется в 3 раза больше, т. е. 18, и весы будут в равновесии.

Весы *md* — те же по существу, что и выше описанные, хотя их противорычаг поднимается вверх; и он выполняет ту же функцию, что и выше названный, ибо конец противорычага испытывает тягу 18 футов под прямым углом, как и противовес *an*.

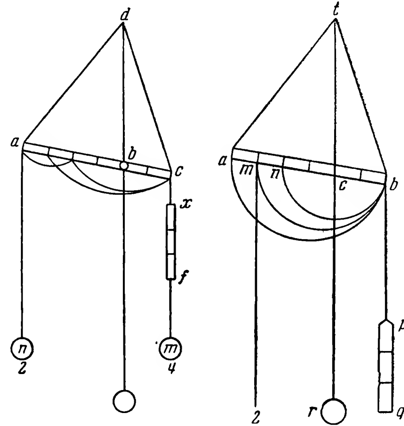


Последние весы *ef* дают тот же результат, что и первые двое, ибо ясно, что коромысло *of* не держалось бы ровно в воздухе, если бы не имело на конце противорычага 18 единиц веса, как и предыдущие, и потому ось *ok* между силой *e* и тяжестью *of* поддерживает 24 фунта, и 24 единицы веса сообщаются с противоположной частью круглых весов *hk*.

Но знай, что 6 единиц веса коромысла следует умножить на 6, корень, что дает 36 на конце противовеса (С. А., 267 b).

Баттиста Альберти говорит в одном своем произведении, посвященном синьору Малатеста да Римини, что когда весы *abc* имеют плечи *ba* и *bc*, стоящие в отношении 2 : 1, то и грузы, привешенные к ним и уравновешивающие их, стоят в том же отношении, что и эти плечи, но только обратном, т. е. больший

груз на меньшем плече. Опыт отвечает ему, что такое утверждение ложно; его предположение будет правильным, если к меньшему плечу прибавить длину большего плеча, как показано выше.

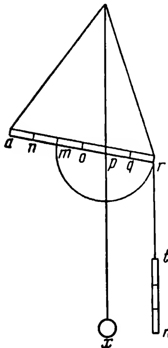


Отними меньшее плечо и столько же от большего плеча там, где оно соприкасается с этим меньшим, и центру остатка придай противовес на конце меньшего плеча.

Пусть меньшее плечо будет *cb*; отними у него противовес *cn*. Остается *na*, центр которого будет *m*, являющийся центром двух фунтов. Теперь найди вес, соответствующий этим двум фунтам в *m*. А именно, сложи *mc* и *cb* и помести больший вес в конце меньшего плеча *b*, т. е. подвесь большее плечо *mc* в конце меньшего плеча *b*, и тяжесть плеч будет уравновешена.

Когда весы образованы из простого стержня, подвесь большее плечо на конце меньшего, и силы тяжести сравняются (В. М., 31).

Отними меньшее плечо и столько же отними от большего плеча, в части, примыкающей к этому меньшему, и центр остатка уравновесь на конце меньшего плеча.

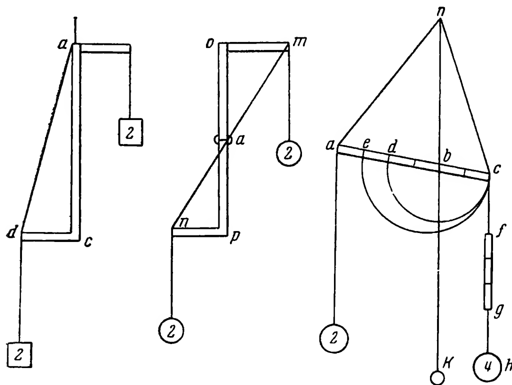


Пусть меньшее плечо будет *pr*; отними от большего плеча величину *mp*, равную меньшему плечу, и тяжесть остатка уравновесь противовесом на конце меньшего плеча, т. е. в *r*. Этот противовес будет находиться в таком же отношении с весом *am*, в каком находится расстояние между центром тяжести *am* (т. е. *n*) и точкой *p* с расстоянием *pr*. Это отношение равно 3 к 2; потому привесь 3 в *r* против 2 в *n*, и противоположные тяжести будут равны по своей силе.

Сколько раз меньшее плечо таких весов содержится в большем, столько раз больший из грузов, приводящих весы в равно-

весие, содержит в себе меньший, согласно Баттисте Альберти (В. М., 66).

Баттиста Альберти в одном своем произведении, озаглавленном «Ex ludis rerum mathematicarum», говорит, что если весы *abc* будут иметь плечи *ba* и *bc*, стоящие в отношении 2 : 1, то и грузы, привешенные к их концам и уравновешивающие их, стоят в том же отношении, что и эти плечи, но только обратном, т. е. больший груз на меньшем плече. Опыт и рассуждение показывают, что это утверждение ложное, так как там, где он берет уравновешивающие друг друга грузы 2 против 4 на весах, которые сами весят 6 фунтов, на самом деле требуется 7 против 2, и тогда весы будут неподвижны при равновесии плеч. И здесь этот автор ошибся, потому что не принял во внимание вес коромысла весов, который не одинаков [в том и другом плече] (В. М., 66).

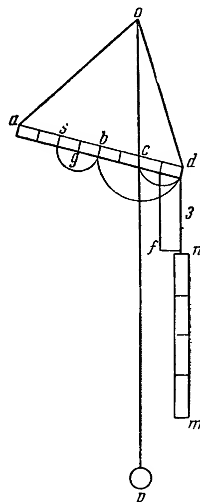


И если ты хочешь отбросить всю часть *bd*, у тебя остается *s*, центр тяжести остатка, который здесь равен 2 и отдален на 2 от оси вращения , а *b* отдалено на 1. Тогда помести 4 в *b* против 2 в *s*.

Если хочешь знать, сколько весит *nm*, поставь острие циркуля в *c*, разведи циркуль на расстояние *cd* и опиши полукруг *bcd*; остаток *ab* будет равен тяжести *mn*.

Доказывается это при помощи центральной линии *op*, остающейся посредине между равными тяжестями, поскольку расстояние стержня *ac* разделено на 3 равные части и находится по ту сторону центральной линии, а по сю сторону этой центральной линии находятся 3 другие подобные части, равные тем, т. е. *cd* и *nm*. И таким образом тяжести по ту сторону точки опоры равны тяжестям находящимся по сю сторону.

Это не есть центр приобретенной тяжести, а центр естественной, и поэтому доказательство не действительно. Ты видишь, что центр тяжести *ac* в 3 раза дальше от центральной линии, чем центр *cd*.



Остается обманчивое представление о центрах тяжести, из которых один отдален более, чем другой, от этой центральной линии.

В *cd* находится меньшее плечо весов по сю сторону центральной линии, уравновешивающее центром своей тяжести $^1/_3$ фунта около центра тяжести большего плеча в *g*; это *g*, центр тяжести 3, остается центром тяжести 2 с половиной. Теперь мне нужно подвесить в *d* такой груз, который уравновешивал бы $2^1/_2$. Я имею 3 деления на большем плече и 2 на меньшем. Поэтому скажи так: если при 3 делениях я имею вес 2 против веса 3 при 2 делениях по ту сторону точки опоры и вместо 2 <...>.

Я вычел из тяжести весов *ab* тяжесть меньшего плеча *cd*, вся тяжесть которого сосредоточена в его центре; эта тяжесть, будучи равна 1, уравновешивает $^1/_3$ в центре большего плеча, весящего 3. У большего плеча остается сила в 2 $^2/_3$. Теперь мне надлежит найти груз, который, будучи привешен к концу меньшего плеча, уравновешивал бы 2 $^2/_3$, сосредоточенные в центре большего плеча; это будет 4. Что это так, я доказываю, приводя все тяжести к дробям со знаменателем 3. Из тяжести $2^2/_3$ получается $^8/_3$, — это есть тяжесть, оставшаяся у большего плеча; тяжесть стержня, привешенного к меньшему плечу — она была равна 4 целым — я превращаю в $^{12}/_3$. Теперь ты видишь, что в том же отношении, в котором находятся 8 и 12, находятся 2 и 3, ибо то и другое меньшее число составляет $^2/_3$ большего. Таким образом, расстояние *cd* составляет $^2/_3$ расстояния *cg*. Итак, получается надлежащая обратная пропорция между тяжестями и плечами этих весов (В. М., 32).

О плечах потенциальных и реальных

Подвес есть материальная прямая, направленная к центру мира, соединенная внизу с небольшим грузом, который она держит подвешенным в воздухе...

Подвесом называется та нить, которая сливается с центральной линией подвешенного на ней тяжелого тела (C. A., 354 c).

Плечи весов бывают двоякие: во-первых, реальные, во-вторых, потенциальные. Реальные — когда эти плечи видимы и осязаемы, потенциальные — когда эти плечи невидимы и неосязаемы.

Соединение подвеса с реальным плечом весов никогда не будет под прямым углом.

Соединение подвеса с потенциальным плечом всегда будет под прямым углом.

Углы соединения подвеса с реальным плечом не будут на одинаковой высоте, если подвесы не нагружены одинаковыми грузами.

Расстояния углов соединения с реальными плечами весов будут находиться между собой в той же пропорции, в какой находятся грузы и эти реальные плечи.

Угол соединения есть то соприкосновение, которое имеют подвесы с плечом весов, реальным или потенциальным.

Реальными и потенциальными плечами весов называются те кратчайшие расстояния, которые заключены между точками соединения подвесов с этими плечами и центром оси вращения весов.

Равные грузы на равных плечах дают равные углы соединения подвесов.

Неравные грузы на неравных плечах делают углы соединения неравными по высоте...

Реальные и потенциальные плечи находятся в тех промежутках, которые заключены между подвесами грузов и центром весов.

Потенциальное плечо всегда короче плеча реального (С. А., 122об. а).

Под плечами весов понимаются те их части, которые кончаются у подвесов прикрепленных к ним грузов.

Грузы, прикрепленные к плечам весов, мыслятся находящимися там, где подвесы соединяются с плечами весов своими центрами.

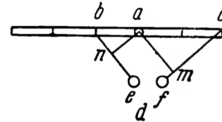
Углы, образуемые подвесами с плечами весов, должны всегда быть равны между собой, если подвешенные грузы уравновешивают один другой. Углы, получающиеся между подвесом оси вращения весов и их плечами, никогда не будут равны между собой, если грузы на плечах этих весов не равны друг другу.

Одно и то же неравенство грузов, уравновешивающих друг друга на плечах весов, создает тем более различные углы вверху между плечами весов и подвесом их оси, чем ближе эти весы будут находиться к центру мира.

Никогда углы, образуемые подвесами с плечами весов, не будут тупыми или прямыми, если грузы, подвешенные к плечам весов, оказывают друг другу одинаковое сопротивление.

Грузы одинаковой силы одинаково отстоят от центра мира наподобие неподвижной водной поверхности (С. А., 365 а).

Всегда соединение подвесов весов с плечами этих весов под прямым углом бывает потенциальным и может быть реальным только в том случае, если эти плечи не наклонные.

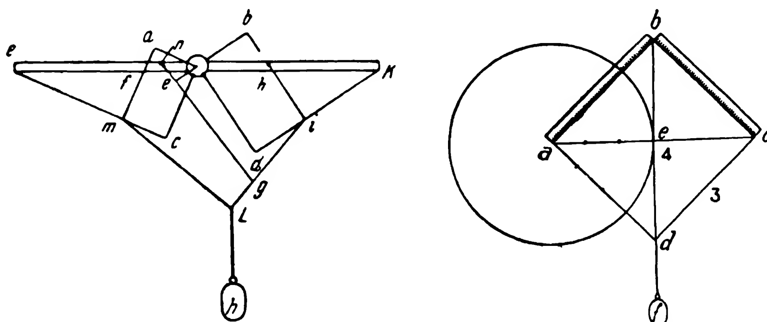


Всегда реальные плечи весов [*be* и *cf*] длиннее, чем плечи потенциальные [*an* и *am*], и тем более длинны, чем они ближе к центру мира.

Реальные плечи весов не стоят друг к другу в том же отношении, какое имеют между собой плечи потенциальные, и эти отношения тем более разнообразны, чем более приближаются плечи к центру мира (Е, 64).

Силой реальных подвесов, соединенных с противоположными друг другу плечами весов, наклонно расположенными, не являются истинные плечи этих весов, ибо эти плечи являются чисто номинальными, определяющими реальное положение, а не потенциальное значение [т. е. значение в смысле потенции, или силы]. Истинное определение силы на основе реальных и потенциальных плеч возможно тогда, когда соединение реальных подвесов с плечами весов происходит под прямым углом. Если же такое соединение происходит не под прямым углом, необходимо произвести подсчет грузов, находящихся на плечах весов, исходя из потенциальных прямых углов, поскольку там не имеется реальных прямых углов. Следовательно, по тому, что было изложено выше, мы находим, что в изображенных здесь весах соединения пяти подвесов с плечами рычага не прямоугольны, а остроугольны, как это показывают подвесы *em*, *fm*, *ng*, *hi*, и *ki*. Вследствие этого, желая произвести правильный расчет на основе истинных подвесов, необходимо воспользоваться потенциальными плечами названных весов. Такими углами являются *a* и *b* над, *c* и *d* под этими весами; они являются прямыми и образованы истинными потенциальными плечами и истинными потенциальными подвесами. Остается один прямой угол под осью вращения весов, называемый углом полуреальным, ибо он составлен из реального подвеса и потенциального плеча.

Дав определения и наименования плеч и подвесов в весах, необходимо дать их расчет, чтобы определить их истинные силы. Для этого мы разместим справа и слева потенциальные плечи около оси вращения весов при помощи кругов, изображенных выше, и в тех же пропорциях разделим тяжесть *h*, дав каждому подвесу соответствующую часть.



ab, *bc*, *bf* — реальные силы, *ae* — потенциальное плечо, которое соединяется под прямым углом с реальным подвесом *bf* в точке *e*; следовательно, каково отношение *ae* к *ad*, таково отношение движущей силы *dc* к сопротивляющейся силе *ef*.

Рычаг *ad* относится к противорычагу *ae*, как 4 к 3. Следовательно, подвес *dc* [имеющий силу 3] поднимает 4 в подвесе *ef* (B. M., 117).

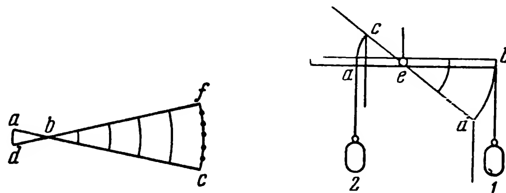
О движении плеч рычага

То же отношение, которое будет между длиною рычага и противорычага, найдешь ты и в их грузах и, сходно, в медленности движения и в пути, совершаемом их концами, когда они достигают постоянной высоты относительно оси своего вращения (A, 45).

Та часть стержня будет более способна двигаться, которая дальше отстоит от своей опоры (fermamento). И чем легче движение части, более удаленной от опоры стержня, тем более стойким должно быть сопротивление в этой опоре (C. A., 86об. b).

То, что приводится в движение другим, совершает движение соразмерное с движением того, что его движет; но отношение обратное, ибо отношение между движениями движущего и движимого равно отношению между силами движимого и движущего,— это отношение обратное; таким образом, если сила движимого равна 1, а сила движущего равна 100, то движимое совершит движение равное 100, когда движущее совершает движение, равное 1 (С. А., 176 а).

О движущем или движимом. Сила движущего всегда больше, чем сопротивление движимого.



О рычаге и противорычаге. Тем больше прибавляется приобретенной тяжести в движущем, помещенном на конце рычага, чем больше превосходит ее своей естественной тяжестью движимое, помещенное на конце противорычага.

И во столько раз больше будет движение движущего по сравнению с движением движимого, во сколько раз приобретенная тяжесть этого движущего превосходит его естественную тяжесть.

Доказательство. Пусть движение движущего происходит от *b* до *d*, а движение движимого из *a* в *c*; я утверждаю, что движение *bd* будет во столько раз больше движения *ac*, во сколько раз приобретенная тяжесть *b* превосходит [естественную] тяжесть *b*; превосходит она ее на единицу, а следовательно, естественная тяжесть 〈...〉 (E, 58об.).

Движение всякого тяжелого тела стремится к центру. Вещь более тяжелая быстрее опускается. Та вещь более тяжела при опускании, движение которой происходит прямее к центру. Та вещь более

тяжела по положению, которая при опускании из того же положения опускается по менее отлогой линии.

И более отлогое опускание при той же величине менее отнимает от вертикального. Та вещь менее тяжела, чем другая, по своему положению, которая при опускании другой движется в противоположном направлении. Положение равенства (sito dell'equalità) параллельно к плоскости горизонта.

Во всякой тяжелой вещи скорость опускания к величине вескости стоит в том же отношении, но обратном, что и к скорости противоположного движения.

Если положение равных подвешенных грузов одинаково, то они не отклонятся от горизонтального положения, а если отклонятся, то вернутся к нему.

Равновесие бывает тогда, когда плечи равны, считая от центра вращения...

Во всякой тяжелой вещи отношение между силой и тяжестью то же, т. е. если груз, равный 2, опускается в единицу времени, то груз, равный единице, пройдет то же расстояние в 2 единицы времени, и отношение это обратное.

Если пропорция равновесия будет одинаковой при равенстве подвешенных грузов, то не произойдет отклонения от горизонтального положения; и если [весы] будут выведены из состояния прямизны, они вернутся к горизонтальному положению.

Всякий груз, на какой бы стороне он ни был выведен из горизонтального положения, становится более легким по положению.

Если подвешенные грузы равны, то неодинаковость подвесов не приведет в движение весы.

Если плечи весов не равны, а подвешенные грузы равны, то эти весы совершат движение более длинной своей стороной.

Если плечи весов пропорциональны подвешенным грузам, так, что на более коротком плече находится больший груз, то эти грузы окажутся одинаково тяжелыми по своему положению.

Если два совершенно одинаковых длинных тела подвешены так, то одно находится в горизонтальном положении, а другое — в от-

весном, ортогонально, причем то и другое тело находится на одинаковом расстоянии от центра, они будут в названном положении одинаково тяжелыми.

Если плечи весов не равны и образуют в центре движения угол, то равные грузы при подобном расположении будут иметь одинаковую тяжесть при условии, что концы плеч одинаково уклоняются от прямого направления.

Равенство отклонения сохраняет равенство тяжести (С. А., 154об. а).

Наследники маэстро Джован Гиринджелло имеют труды Пелакани (Forst. III, 86).

Пелакани говорит, что большее плечо этих весов будет скорее падать, чем меньшее, потому что при своем опускании оно более прямо описывает свою четверть круга, нежели то делает меньшее, и так как грузы стремятся падать по отвесной линии, то чем большей кривизны окружность, тем более будет замедляться движение.

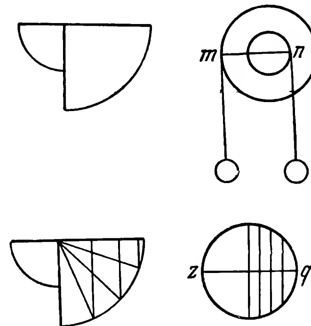
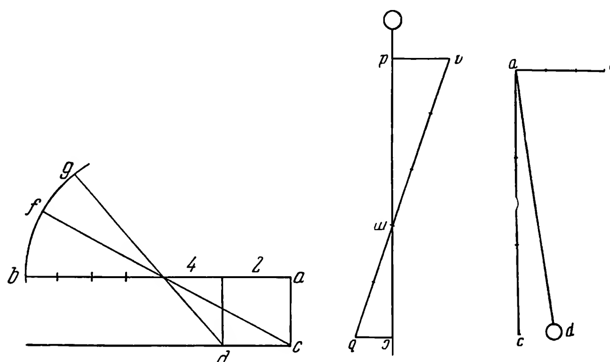


Рисунок *mn* опрокидывает это соображение, потому что опускание грузов происходит не по кругу и тем не менее груз большего плеча *m* опускается.

Вещь, более удаленная от своей точки опоры, менее ею поддерживается; будучи менее ею поддерживаема, она сохраняет больше свободы, и так как свободный груз всегда опускается, то конец коромысла весов, более далеко отстоящий от оси их вращения, будучи более тяжел, опустится сам собою скорее, чем какая-нибудь другая часть.

Так как в колесе края́ одинаково удалены от центра, все помещенные на его окружности грузы будут иметь здесь такую же силу, какую имели бы подобные же грузы, помещенные на их перпендикуляре, на горизонтальной линии *qz* (B. N. 2038, 2об.).

Если $a = 2$ перемещает b в f при своем опускании в c, то $a = 4$, опускаясь в d переместит $b = 2$ на удвоенное расстояние bf. Следовательно, b пойдет в g (В. М., 63об.).

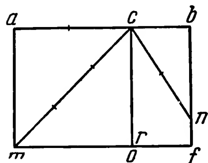


Если хочешь знать, во сколько раз *am* весит больше, чем *mb*, посмотри, сколько раз *cb* содержится в *ad*.

Чем более конец верхней части весов приближается к отвесной линии по сравнению с концом нижней части, тем более длинным и веским окажется нижнее плечо по сравнению с верхним, если коромысло обладает однородным качеством.

В этих неравноплечих весах концы стремятся коснуться отвесной центральной линии; и если плечи имеют одинаковую толщину, то одно плечо приблизится к этой линии тем более в сравнении с другим, чем более длинным и тяжелым оно будет по сравнению с другим.

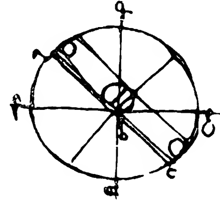
И если бы ты захотел узнать, на какое расстояние приблизится c к d, посмотри, сколько раз ab содержится в ac, и если оно содержится 3 раза, раздели ab на 3 и $^1/_3$ этой линии будет промежутком между c и d.



В том отношении, в каком будет находиться линия cb к линии ac, в том же отношении тяжесть и длина cn будет стоять к тяжести cm (B. N. 2038, л. 3).

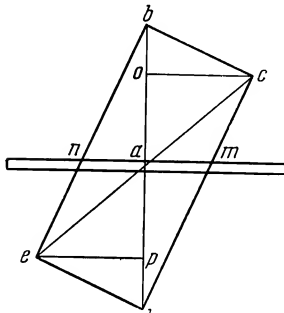
Весы *abc* имеют здесь большее расстояние от *b* до *a*, чем от *b* до *c*, и вместе с тем кажется, что также и они с грузами, подвешенными на их концах, должны были бы после нескольких колебаний остановиться в горизонтальном положении (V. U., 3).

Опыт с весами. Эти весы сохранят то положение, в каком ты их оставишь, поскольку центр их круга находится в точке их оси. По всем вышесказанным причинам эти весы не сдвинутся со своего положения относительно центра мира.



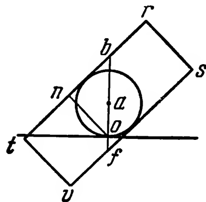
Если уравновешивание весов произойдет при оси, близкой к математической точке, которая становится центром тяжести этих весов, то равные плечи весов останутся в том наклонном положении, в каком оставит их рука человека.

Доказательство. Линия *bd*, в середине которой находится математический центр весов, разделяет величину весов на два треугольника *bcd* и *dbe*, каковые равны друг другу и одинаковы по фигуре и по весу, и отличаются друг от друга только своим положением; такое различие не влияет на различие тяжестей по линии *bd*, центральной линии оси, ибо верхний угол *c* треугольника *bcd* настолько же удален от центральной линии *bd*, насколько и угол *e*, как показывает линия *ep*. И так как доказано, что сравнительная высота одного груза по отношению к другому, т. е. угол *c* и угол *e*, не играют роли, мы приходим к выводу, что такие весы не будут двигаться, поскольку их математический центр находится в середине между всеми противоположными тяжестями, друг другу равными (G, 78об.).



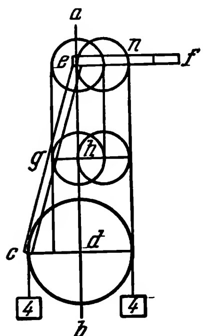
Наклонная тяжесть толкает от *r* к *s* и от *t* к *v*; осью этих движений является *o*; тяжести плеч суть *notv* и с противо-

положной стороны *nors*, линия *no* делит эти две силы, из которых победительницей делается *nors*, ибо она больше, чем *notv*. И такое неравенство тяжестей является причиной качания весов; оттого неравенство тяжести плеч переходит с одного на другое столько раз, сколько раз совершается такое качание (G, 79об.).



О коленчатых и трехплечих весах

Правило коленчатых весов. Коленчатый рычаг есть такой, в котором соединение его прямых плеч происходит под углом, в каковом углу находится ось его вращения (polo). Плечо простирается до места, где приходится центр тяжести, к нему подвешенной.



Расстояния противоположных концов коленчатых весов до центральной линии их оси стоят всегда друг к другу в том же отношении, в каком находятся между собой длины плеч этих весов, но отношение будет обратным. Например, для коленчатых весов *cef*, ось которых помещается в углу *e*, расстояния противоположных концов *f* и *c* до центральной линии *ab* находятся в таком отношении друг к другу, в каком стоят длины плеч *ec* и *ef*, но отношение обратное, т. е. конец меньшего плеча во столько раз дальше от центральной линии, во сколько раз это плечо меньше большего плеча.

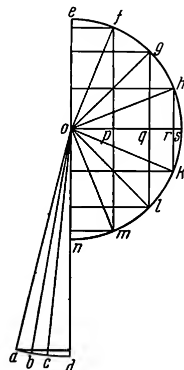
Равным образом, расстояние между бóльшим плечом и центральной линией во столько раз меньше, во сколько раз это плечо больше меньшего плеча. Здесь при движении плеч доли окружностей не равны, но они равны по расстоянию от центральной линии.

n — центр тяжести плеча *ef* вдвое более отдален от центральной линии *ab*, чем *g* — центр тяжести плеча *ec*. И то, что делают центры тяжести этих плеч, то же делают и их концы, и их трети, и их четверти и т. д., любая другая соответствующая их частица.

Правило для того, как поступать при определении расстояний концов весов от центральной линии для любых углов. И разница между весами написана здесь внизу: это, во-первых, весы с тупым углом, начиная от прямолинейных весов, в которых принято, что большее плечо *od* вдвое больше меньшего плеча *oe*.

doe *cof* *bog* *aoh* *aoi*	тупые углы	*bok* *col* *dom*	острые углы

Отношение, в котором находятся между собой расстояния центров тяжести плеч указанных весов до центральной оси вращения весов, будет то же, в каком находятся между собой расстояния концов этих плеч, а также длины этих плеч.



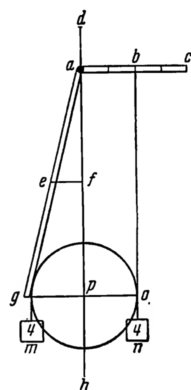
Посмотри на конец *i* плеча *oi*, он вдвое более удален от центральной линии *ed*, чем конец *a* плеча *oa*; и это происходит потому, что *oa* вдвое больше *oi*. И таковы же плечо *ok* и плечо *bd*, как видно в *s*, где находится пересечение перпендикуляра *hk*. И также *qo* — расстояние, образованное перпендикуляром *l* [*g*], которое вдвое больше, чем *bd*. И так же следует дальше до бесконечности, всегда по тому же правилу.

Не следует порицать, когда вносят в ход рассуждения некое общее правило, родившееся из ранее приведенного заключения.

Испытано. Если плечи весов не равны и их соединение на оси вращения происходит под углом, то, если концы их одинаково отстоят от центральной линии оси, подвешенные к ним грузы, будучи равными, уравновесятся (В. М., 32об.).

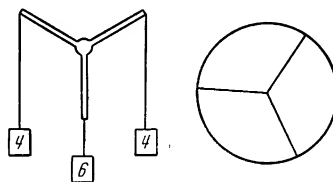
Испытано. Возможно, что равные грузы, подвешенные на неравных плечах, останутся равными по своей силе, и это случится, когда соединение этих плеч произойдет под углом, на оси их вращения.

Доказательство. Пусть будут весы *gac*, образующие угол в своей точке опоры *a*; и пусть большее плечо — *ag*, меньшее — *ac*, и длина большего плеча пусть будет вдвое больше меньшего плеча.



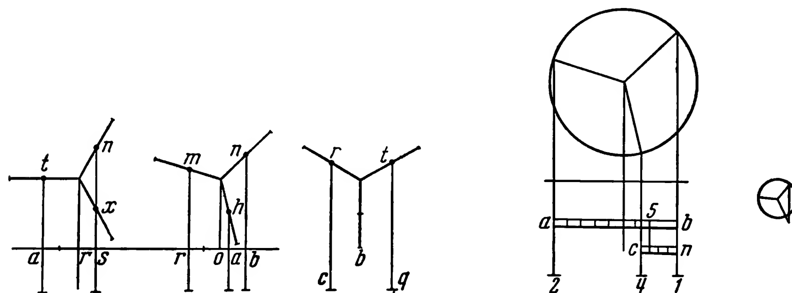
Теперь я подвешу к центру меньшего плеча груз *n* и на конце большего плеча — груз *m*; оба груза равны и одинаково отстоят от центральной линии *dh*, так как, по определению окружности, линии или расстояния *pg* и *po* равны. Далее доказывается, что и тяжесть плеч, хотя одно из них вдвое больше другого, производит одинаковое действие по причине положения, в котором находятся центры их тяжести, т. е. *e* и *b*; *e* — центр тяжести большего плеча, а *b* — меньшего, и расстояния их от центральной линии *dh* вдвое больше одно другого, как это ясно видно, поскольку *ab* вдвое больше *ef*. И так мы подтвердили предположение. Что расстояния центров тяжести плеч от центральной линии находятся в отношении 2:1, доказывается при помощи пирамиды [треугольника], которая, будучи рассечена в середине линией *ef*, дает линию сечения, равную половине основания *gp*, основание же это равно *ab* (В. М., 67об.).

О том, как сделать трехплечие весы (bilancia triangulare). Нужно разделить круг на 3 равные части, и от каждого из этих подразделений [окружности] провести прямую линию к центру этого круга. При помощи указанной фигуры получатся трехплечие весы (Forst. II, 123).



Плечи трехплечих весов всегда сами собою будут оставаться неподвижными, какое бы положение им ни придать, и всегда центры тяжести этих плеч будут занимать такое положение, что тяжести, равно как и расстояния их до центра весов, будут находиться друг к другу в отношении 1 : 1 или 1 : 2 (Forst. II, 122об.).

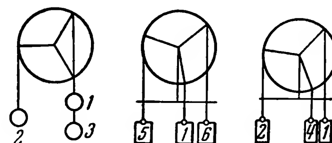
При трех разных грузах на трехплечих весах всегда наибольший и наименьший будут располагаться с разных сторон среднего. Но



если наибольший и наименьший вместе образуют сумму, вдвое бо́льшую, чем средний, то они расположатся на одной и той же отвесной линии, на вдвое меньшем расстоянии от центра весов, нежели средний.

Как видишь, схема весов *ab* и весов *cn* позволяет правильно судить о положении 3 данных различных кругов, не прибегая к приемам абака (Forst. II, 122).

Если наибольший и наименьший грузы вместе превышают средний менее чем вдвое, наименьший будет к оси вращения весов ближе, чем наибольший.



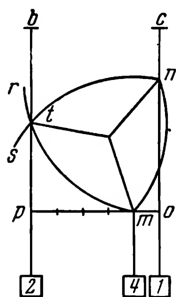
А если наибольший и наименьший грузы вместе взятые более чем вдвое превышают средний, то наибольший груз будет ближе к оси вращения, чем наименьший (Forst. II, 121об.).

Я хочу определить положение трех грузов на трехплечих весах, не зная оси вращения этих весов и не зная расстояния от весов этих грузов. Мне известна только разница между тремя данными грузами.

Допустим, что три данных груза — 2, 4 и 1. Вычти наименьшее число из наибольшего и посредством остатка вырази части плеча,

на котором находится средний груз [т. е. умножь плечо среднего груза на этот остаток] и точно так же, посредством того же остатка, вырази все числа, соответствующие тяжестям трех данных грузов. Кроме того, вычти наименьшее число из среднего и посредством остатка вырази длину плеча наибольшего груза в долях, равных долям [остатка от] среднего плеча. Затем умножь наибольший груз на деления его плеча, и произведение даст его противовес; указанную величину вычти из делений среднего груза, и остаток даст противовес наименьшего груза. Всем им следует дать соразмерное расстояние от оси вращения весов (Forst. II, 121).

Чтобы найти истинную величину равностороннего треугольника, образующего трехплечие весы, ты проведешь сначала линию *po*, на которой разместишь три данных груза. Затем, на концах данной линии ты проведешь две перпендикулярные линии *bp* и *co*. Далее поставь острие циркуля в точку предпоследнего груза *m*, а другим концом наметь линию *ns*, касаясь обеих названных перпендикулярных линий. Затем поставь острие циркуля в *n* и прочерти линию *mr*. Если обе названные линии не встретятся на перпендикуляре *bp*, вымерь циркулем, сколько не достает, и такой отрезок отложи на противоположном перпендикуляре, кверху от *n*. И насколько возрастет линия *mn* после прибавления этого отрезка, настолько шире разведи циркуль, вновь прочертив обе кривые линии. Тогда ты увидишь, что их пересечение *t* находится на линии *bp*, и таким образом получишь истинную величину для плеч трехплечих весов. А если пересечение *t* оказалось бы за пределами линии *bp*, вымерь этот остаток и отложи книзу от *n*, сократив раствор циркуля на столько же, на сколько ты укоротил линию *mn*. Тогда равным образом ты добьешься того, что тебе требуется (Forst. II, 118).



Если весы имеют три равных плеча, которые образуют друг с другом три равных тупых угла, они останутся неподвижными в любом

положении, которое ты им придашь, перемещая их около их центра. И то же делает любое число плеч, равных друг другу по качеству и по расстоянию между ними.

Если средний груз превосходит меньший груз менее чем вдвое, то больший груз будет находиться между меньшим грузом и осью вращения весов. Но если средний груз превосходит меньший более чем вдвое, то меньший груз окажется между осью вращения и бо́льшим грузом. Больший и меньший грузы остаются неподвижными по ту или другую сторону оси вращения весов, против среднего груза на противоположной стороне.

Из трех грузов, подвешенных на треугольных весах, наиболее тяжелый вместе с наиболее легким служат противовесом для среднего груза.

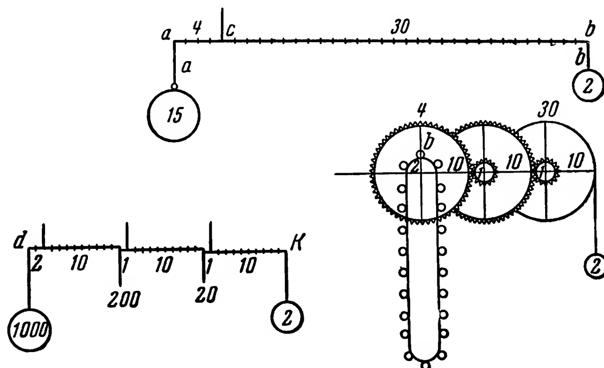
А если наиболее легкий и наиболее тяжелый, сложенные вместе, окажутся вдвое больше среднего, они будут находиться на одном и том же отвесе, и на вдвое меньшем расстоянии от оси вращения, нежели средний груз.

Но если этот средний груз больше половины обоих противоположных грузов, сложенных вместе, то меньший груз располагается между осью вращения и бо́льшим грузом.

И если этот меньший груз менее чем вдвое меньше обоих противоположных, то бо́льший груз располагается между осью вращения и меньшим грузом (В. М., 33).

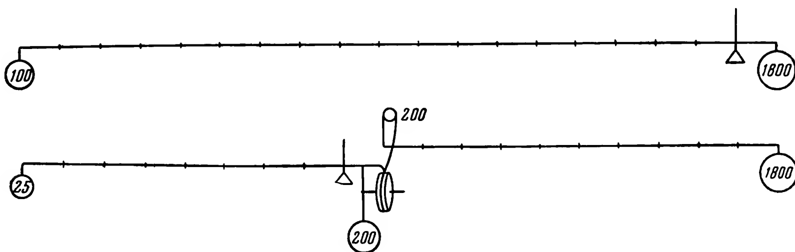
Какая разница между прерывным [составным] и непрерывным рычагом? Я намерен здесь кратко показать разницу между прерывным и непрерывным рычагом. Предположим, что изображенный здесь вверху рычаг *cb* — непрерывный; нижний рычаг *dk* — прерывный и представляет собой результат действия изображенных трех колес. Итак, в непрерывном рычаге ты имеешь 30 у рычага против 4 у противорычага и то же имеешь в прерывном рычаге. И я нахожу, что в непрерывном рычаге 2 фунта находятся в равновесии с 15, подвешенными на конце противорычага. Кроме того, я нахожу, что в прерывном рычаге те же 2 фунта

находятся в равновесии с 1000, причем и в том и другом рычаге на 30 единиц у рычага приходится 4 единицы у противорычага. Те-



перь ты можешь постичь разницу, ибо один рычаг могучее другого в 66 $^{10}/_{15}$ раза и в 66$^{10}/_{16}$ раза медленнее. И это отвечает законам природы, а потому не может быть избегнуто (С. А., 153об. d).

D e p o n d e r i b u s. Если в верхней линии на один локоть противорычага приходится 18 [локтей] рычага, знай, что если приве-



сишь к концу этого противорычага 1800 фунтов, а в конце рычага поместишь 100 фунтов, то рычаг и противорычаг будут находиться в равновесии.

Если же эта линия будет разделена на две равные части, то в первой [правой] на противорычаг придется 1 и на рычаг 9,—это дает 200 фун-

тов на рычаг, 200 фунтов, поднимающих на противорычаге 1800. Таким образом, вторая [левая] половина линии будет иметь на противорычаге только 200, имея 1 локоть, приходящийся на противорычаг, и 8 локтей на рычаге. Знай, что 25 окажется в равновесии с 200.

И это утверждение может показаться странным, ибо верхняя линия имеет 18 [локтей] рычага против 1, а нижняя, раздельная, имеет противорычаг 2 и рычаг 17, между тем 1800 должны быть подняты примерно 200 фунтами, и опыт показывает, что 25 заменяют 200. И от тех 2 частей, которые ты разъединил на нижней линии, у тебя не должно бы получиться никакого прибытка.

Нижний разделенный рычаг, опускаемый на ту же величину, что и верхний, поднимает вверх свой противорычаг на такую же величину, как и верхний, но он более могуч (gagliarda), чем сплошной, на $^3/_4$ [своей силы, т. е. в 4 раза] (В. М., 265).

О подвешенных тяжестях

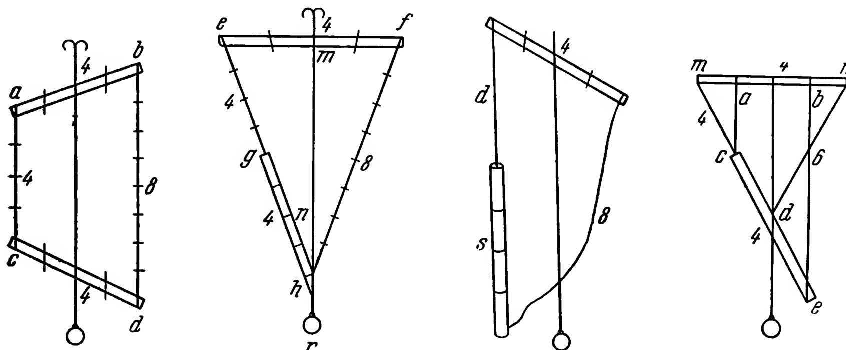
Центр всякого груза помещается неподвижно под центром своего подвеса (Н, 105об.).

Центр всякого подвешенного тела будет находиться под центром своей поддержки (sostentaculo).

Опыт, истолкователь (interprete) искусной природы, показывает, что эта фигура вынуждается необходимостью действовать только так, как показано на чертеже.

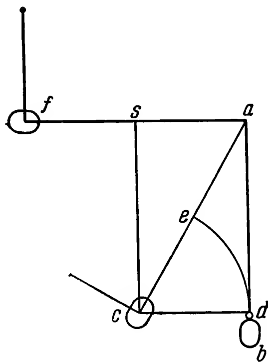
И разум, кормило этой природы, подтверждает сказанное так: если бы *a* и *b* находились на одинаковой высоте, то следовало бы, что, поскольку длина *acd* равна 8 локтям и такова же длина *bd*, они образуют фигуру *efhge*; потому отвес ее *mr*, который проходит теперь через *h* [если бы проходил, как раньше], должен был бы проходить по линии *mn*; тяжесть *gh* была бы вся подвешена к концу весов *e*, а *f* не испытывало бы никакой тяжести. Это противоречило бы 15-му заключению, гласящему, что центр всякого груза приходится под центром своей поддержки; и параллели *a4c*, *4—4*, *b8d*[9] перестали бы быть таковыми.

Опыт, посредник (interprete) между искусной природой и родом человеческим, учит нас, что̀ совершает среди смертных природа, будучи понуждаема необходимостью, и что̀ она не может совершать иначе, как тому учит разум, ее кормило.



Если *m* и *n* должны остаться на одинаковой высоте, необходимо, чтобы груз *ce* был подвязан в середине к веревке *nd*, и тогда он будет держаться так, как если бы *e* держалось на *b*, а *c* держалось на *a*, ибо отвес проходит из точки оси весов к середине груза *ce* в точку *d* (С. А., 86 а).

Тяжелое тело становится тем легче для своей поддержки, чем дальше оно оказывается от отвесной линии, проходящей через точку прикрепления этой поддержки. Такое облегчение стоит в таком отношении ко всему весу, каково отношение между длиною этого расстояния и длиною этой поддержки.



ab — поддержка груза; *b* — груз и *a* — точка прикрепления этой поддержки, притом *ab* — отвесная линия, проходящая через точку прикрепления *a*. Я говорю, что груз *c* становится тем легче для своей поддержки *ac*, чем дальше он отходит от отвеса *ab*. Так рас-

стояние *cd* в данном случае равно $^1/_2$ длины поддержки *ac*. Отсюда следует, что груз *c* стал вполовину легче для своей поддержки по сравнению со своей естественной тяжестью.

Доказывается 5-м [положением] 9-й [книги], показывающим, что тот груз окажется более тяжелым, который менее уклоняется от отвеса, проходящего через точку прикрепления его поддержки. Следовательно, та часть поддержки меньше сопротивляется, которая более удалена от этой точки.

Также, когда поддержка занимает отвесное положение *ab*, груз, подвешенный в *b*, весь в точке прикрепления своей поддержки *a*. А когда эта поддержка занимает горизонтальное положение *af*, тогда она вместе с точкой своего прикрепления *a* не ощущает вовсе этого груза. И так как изменение от целого до нуля проходит по ступеням пирамидального убывания[10], необходимо, чтобы на середине длины этой пирамиды находилась половина всего ее основания. Следовательно, на середине убывания тяжести тяжесть будет равна половине той, которая находится в *s* (В. М., 11об.).

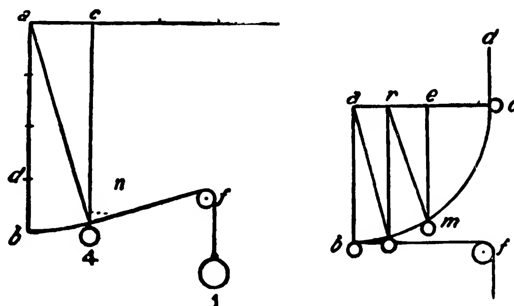
Если веревка, которая тянет подвешенное тело в поперечном направлении, соединена под прямым углом с нижним концом веревки, поддерживающей груз, ты найдешь, что движущий груз будет находиться в таком отношении с грузом движимым, в каком находятся друг с другом промежуток между отвесными линиями, образующими границы движения, и длина веревки, поддерживающей груз.

an есть веревка, держащая груз; *nf* — веревка, которая тянет груз в поперечном направлении; *n* — прямой угол, образующийся в месте встречи двух веревок.

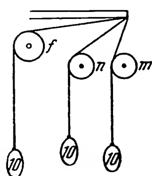
Итак, я нахожу, что груз, который был в *b*, перетянут грузом 1 в *n* и что отвесные линии, образующие границы движения *bn*, т. е. линии *ab* и *cn*, отстоят друг от друга на расстояние, содержащееся 4 раза в веревке, поддерживающей груз, т. е. в *an*. Следовательно, движущий груз 1 будет 4 раза содержаться в грузе *n*, движимом им.

Причина та, что когда груз находится на веревке *ab*, вся тяжесть *b* находится в *a*, и *f* не ощущает ничего; когда же груз в *dc*, вся тяжесть

находится в *d* и *a* совершенно лишено его. Мы знаем, что каждая середина одинаково причастна одинаково отстоящим концам; *em* находится на середине линии *ac*; и если, когда груз был на *ba*, оно



[т. е. *a*] ощущало его полностью, то так же поступает *d*, когда груз находится в *c*; а так как *e* находится в середине, то *e* поддерживает половину его; *r* находится по перпендикуляру на $^1/_4$ пути, следовательно, $^1/_4$ тяжести *b* будет той тяжестью, которую груз *b* передаст в *r* (С. А., 268об. b).



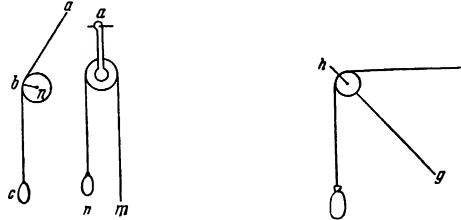
Спрашиваю: какой из канатов, *f*, *n* или *m*, более ощущает тяжесть подвешенных грузов в 10 фунтов и на сколько и почему? (С. А., 346об. d).

Тяжесть—вся во всей длине веревки, ее поддерживающей, и вся в любой ее части, если эта веревка не переходит за границу более чем одного перегиба.

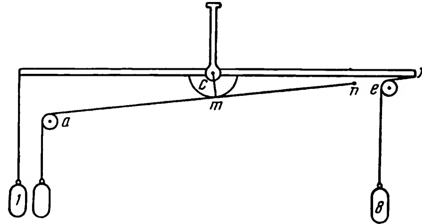
Следовательно, тяжесть *c* вся присутствует своей силой в *b* и в *a* так же, как она налична и в *c*. Но хотя она вся в *b*, ось блока *n* ощущает только половину ввиду наличия точки прикрепления в *a* и ощущает всю тяжесть *c* ввиду наличия реального груза *c*. Следовательно, ось *n* ощущает полуторную тяжесть, а половину ощущает ⟨...⟩.

Здесь очевидно, что ось ощущает двойную тяжесть от подвешенного груза и ощущает ее по центральной линии мира.

Вот эта ощущает двойную тяжесть не по центральной линии мира, а по линии среднего наклона *hg* (В. М., 80).

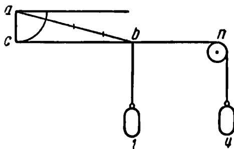


Всякая тяжесть, вертикально подвешенная на веревке, вся во всей этой веревке и вся в начале ее прямизны.



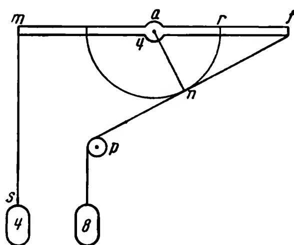
Но если веревка, изгибаясь, меняет свою линию, то эта тяжесть удвоит свою тяжесть в середине такого изгиба веревки, и там эта веревка из-за чрезмерной нагрузки порвется (С. А., 100об. b).

Духовные и телесные линии имеют одинаковую действенность.



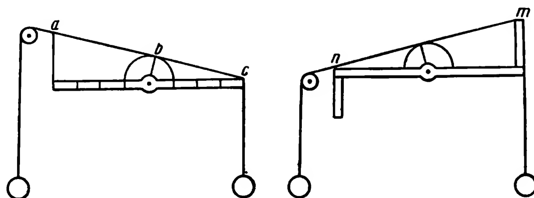
Когда тянут рычаг *ab* из *n*, то это *n* производит силу по духовной линии *cb*, как если бы тянули за духовный рычаг *ac*. И так как это *ac* 4 раза содержится в *ab*, то груз *b* должен 4 раза содержаться в *n* (С. А., 100об. b).

Тот конец плеча весов называется истинным, который соединяет под прямым углом направление своей прямой линии с прямизной веревки, натягиваемой грузом, как это видно в *s*[*m*] и *ma* и так же точно в *pn* и *na* (духовное плечо). А тот недостаток в истинном весе, который обнаруживается в грузе, подвешенном в *f*, прибавляется

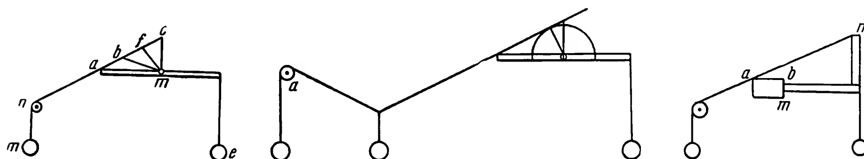


к оси вращения весов по направлению их истинного плеча *af*. Ты увидишь таким образом, что плечо *af* сделалось по силе 4 равным плечу *an*, где фунты производят действие тяжести, равное лишь 4, почему другие 4 разгружаются на ось вращения весов в *af* (М, 40).

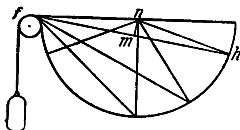
Всегда окажутся одна и та же сила и одно и то же сопротивление, где бы ни была подвешена веревка наверху по линии *abc*; и то же самое будет, если она подвешена внизу по линии *mn* (М, 50).



Где бы ни была привязана веревка *nc* на протяжении части *ac*, разницы не будет, ибо она всегда создает линию, которая падает пер-



пендикулярно из центра весов на линию веревки, т. е. линию *fm*; *n* — рычаг такой же силы, как *a* (М, 50об.).



Знать для каждой ступени качество действенности движущей силы и также движимого предмета. Сделай так, как видишь в *mn*,

т. е. от точки прикрепления движимого предмета следует вообразить линию, пересекающую под прямым углом линию движущей силы.

Как это делает линия *mn* с линией *fh* (I, 30).

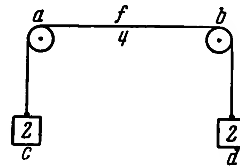
Веревка, которая свешивается с противоположных сторон поддерживающего ее блока, оставаясь неподвижной, будет иметь одинаковый вес с обеих сторон, если тяжесть и толщина ее везде одинаковы.

Веревка, держащая тот блок, через который проходит веревка, поддерживающая тяжелое тело в воздухе, выдерживает двойную тяжесть названного тела.

Если два тяжелых тела, подвешенных на концах веревки, которая свешивается с противоположных сторон блока, будут двигать один другой, блок будет ощущать тем бо́льшую тяжесть по сравнению с естественной тяжестью названных грузов, чем быстрее происходят их противоположные движения, вверх и вниз.

Из двух веревок, свешивающихся с противоположных сторон блока, та, которая соединена с рукою движущего груз, ощущает больше тяжести, чем та, которая соединена с поднимаемым грузом. И если бы это было не так, такой груз остался бы неподвижным (С. А., 122 b).

Если в *f* поместить 2 фунта, то, конечно, эти 2 фунта будут ощущаться по всей веревке вплоть до *a*, не иначе как если бы эта веревка была прямой. И дабы убедиться, что в *a* действительно ощущается тяжесть груза *f*, не превышающая 2 фунтов, подвесь в *a* другие 2 фунта,— они будут сопротивляться опусканию *f* и в каждой части веревки будет ощущаться влияние противовеса к *f*. Следовательно, если каждая часть веревки ощущает силу груза и сопротивление ему, то несомненно, что эта веревка только по виду выдерживает 2, а в действительности выдерживает 4.

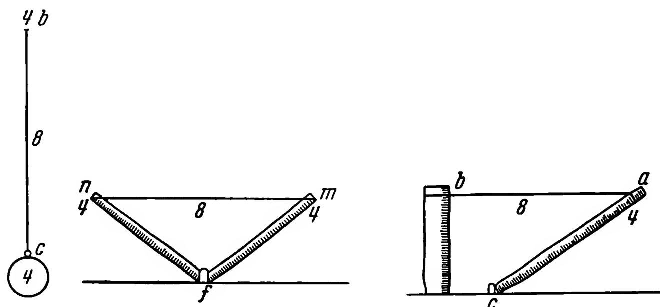


Ты знаешь также: если будешь держать рукой веревку длиною в локоть, на другом конце которой привязано 4 фунта груза, то, конечно, ты никогда не поднимешь такой груз, если не станешь тянуть его вверх сильнее, нежели груз тянет вниз. И если ты будешь

удерживать своей рукою такой груз в воздухе неподвижно, то сопротивление окажется равным силе груза. Следовательно, веревка испытывает столько же от сопротивления, сколько и от силы груза, привешенного к этой веревке. Отсюда я заключаю, что веревка, которая, как видно, держит 4 фунта груза, выдерживает, кроме того, еще 4, оказывая сопротивление грузу, что вместе составляет 8 фунтов.

Если сила груза — вся во всей веревке, на которой этот груз держится, и вся — в любой части длины ее, то и сопротивление такому грузу одновременно оказывается во всех частях и во всей веревке. Следовательно, если груз равен 4, то и сопротивление равно 4, а потому и часть, и вся веревка ощущают 8 (С. А., 153 а).

О т я ж е с т и. Веревка *ab* ощущает тяжесть вдвое бо́льшую, нежели та, которую она поддерживает в *a*, т. е. 4. И это доказывается

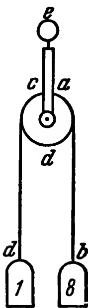


вторым чертежом, где, вместо приобретенной тяжести *b*, она поддерживает в *n* естественную тяжесть, равную естественной тяжести *m*. На основании сказанного по необходимости нужно признать, что веревка *bc*, нагруженная 4 единицами тяжести *c*, ощущает 8 единиц тяжести, т. е. 4 естественной и 4 приобретенной.

Всякая веревка, поддерживающая какой-нибудь груз, ощущает тяжесть вдвое бо́льшую, нежели та, которая подвешена к ней. Доказательство: пусть на чертеже веревка *ab* поддерживает конец балки

в точке *a* и тяжесть этой балки равна 4. Я утверждаю, что 4 единицы тяжести, находящейся на весу, требуют 4 единиц силы и 4 других единиц тяжести, сопротивляющихся в *b*. Теперь мы дадим 4 единицы такой силе или приобретенной тяжести в *b*, которое противится падению этой балки. Следовательно, если конец *a* балки *ac* встречает сопротивление своему опусканию, равное 4, необходимо, чтобы противоположный конец веревки *ab*, т. е. *b*, ощущал еще 4 единицы силы, которые бы сопротивлялись тяжести этого *a*. Этим подтверждается заключение, что такая веревка ощущает тяжесть вдвое бо́льшую, чем та, которую она поддерживает в конце *a*.

И так как противник не соглашается с этим, мы будем аргументировать при помощи второго чертежа, где веревка поддерживает две балки в наклонном положении. Предположим, что та и другая имеют на своих концах тяжесть 4 и 4, т. е. 4 — одна и 4 — другая. Основываясь на третьем чертеже, мы скажем, что если веревка на конце балки *ac* держала 4, то и здесь, на втором чертеже, как мы видим, конец веревки *nm* держит 4 у балки *mf*. Следовательно, сопротивление противоположной балки *nf*, которая также весит 4 , равносильно по своей естественной тяжести тому, которое оказывала в предыдущем случае приобретенная тяжесть, ибо *nf* противится опусканию балки *mf*. И то же относится к *nf* (E, 56об.).



ab равно 8 и *cd* равно 1. Спрашивается: при опускании 8, поднимающих кверху 1, какую тяжесть ощущает маленький блок *cad* или ось этого блока?

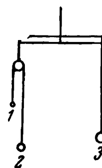
Когда опускание большого груза на весах поднимает вверх противоположный меньший груз, то ось весов ощущает от обоих грузов тяжесть, равную удвоенному весу меньшего (С. А., 249 с).

Равноплечие весы с неодинаковыми грузами никогда не будут испытывать другой нагрузки в оси их вращения, кроме той, которая равна удвоенной величине меньшего груза (В. М., 8).

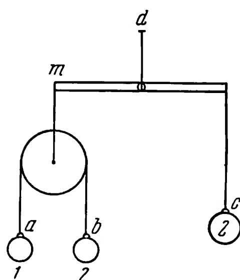
Опытное подтверждение того, о чем говорится ниже.

Вопрос об опускающихся грузах. Спрашивается: грузы, опускающиеся на блоках, передают ли осям блоков

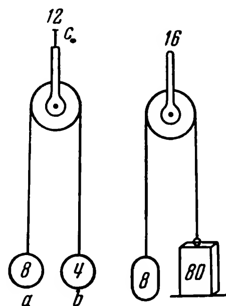
при своем опускании бо́льшую или меньшую часть своей тяжести, чем при неподвижном положении? (G, 17об.).



Тяжелое тело, опускающееся свободно, не отдает никакой части своей тяжести никакой поддержке. Доказательство: *a* — 1 и *b* — *2*; следовательно, *m* поддерживает только 2, ибо перевес, который имеет 2 в *b* над 1, есть 1, каковая единица свободно опускается, так как ничто ее не поддерживает в *a*. Следовательно, она не имеет поддержки, а не имея поддержки, не встречает сопротивления движению. Следовательно, *m* — конец коромысла весов — не ощущает этого перевеса, ибо то, что падает, не поддерживается (G, 13об.).



О тяжести. Если *a* и *b* равны в сумме 12 и неподвижны, то подвес *c* ощущает 12. Но если *a* и *b*, равные 12, находятся в движении, то *c* ощущает только 8, а остаток сверх 8, т. е. 4, не имеет подвеса; ибо если бы он был подвешен, он не опускался бы. Доказательство: следует сказать, что из двух четверок, из которых состоит 8, одна поднимает груз 4, находящийся на весах в *b*; следовательно, 4 в *b* не имеет ни тяжести, ни легкости. Отсюда следует, что если одна из четверок, составляющих 8, не имеет ни тяжести, ни легкости, то поэтому вторая четверка в *a* имеет вес 4 и оттого опускается, не встречая никакого сопротивления, кроме обычного, т. е. сопротивления воздуха и трения оси весов.

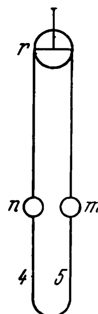


Но если воспрепятствовать движению *b* вверх, то *c* будет ощущать 16. Доказывается это тем, что 8 в *a* требуется сопротивление

не больше 8, и если вся эта тяжесть окажется в b, то весы c никогда не будут ощущать больше, чем 16 (G, 95об.).

О тяжести перевеса (eccesso). Противник говорит, что тяжесть перевеса опускается свободно; и доказывает он это тем, что тяжести на весах, взятые помимо этого перевеса, равны между собой, т. е. одинаково противятся опусканию одна другой. Отсюда следует, что у них взаимно нет ни тяжести, ни легкости. Следовательно, перевес есть сила, независимая от равенства этих грузов, и он в равной мере дает тяжесть грузу там, где он прибавится, и легкость грузу противоположному. А следовательно, перевес, будучи присоединен к одному из этих грузов, опускается с такой силой, с какой он опускался бы свободно в воздухе. Доказывается это тем, что один из равных грузов возрастает на величину соединяющегося с ним перевеса, каковой и движет вверх находящийся на противоположной стороне груз настолько, насколько он сам двигался бы вниз, и двигаясь тем меньше, чем сильнее сопротивляется воздух большему телу по сравнению с меньшим (В. М., 96об.).

Меньший груз n отдает всей веревке rn и rm вес, равный 4; а груз m не отдает этим веревкам больше, чем 4 фунта; следовательно, веревка nrm не ощущает ни больше, ни меньше тяжести, чем 8, т. е. от n и m, а остаток тяжести m опускается как тяжесть без поддержки; и только веревка rm, т. е. движимое, ощущает ее. Противник говорит: то, что опускается, не имеет поддержки, а то, что не имеет поддержки, не отдает никакой части своей тяжести ничему. Однако если оно приводится в движение силой, сила эта присуща двигателю, движущемуся медленно или быстро, и в нем-то и заключается перевес.



Веревка движимого не ощущает тяжесть движущего.

На перевес приходится здесь плечо, равное 1, ибо он не имеет противодействия. Перевес есть то, что движет; и скорость тем больше, чем он больше. Веревка, находящаяся на противоположной стороне перевеса, никогда не ощущает больше тяжести, чем веревка,

соединенная с ним, если не принимать во внимание сопротивления воздуха, уплотняющегося над поднимаемым грузом.

Здесь движущее обладает перевесом силы только благодаря остатку тяжести, равному 1. Следовательно, *n* движется со скоростью, равной 1, под действием силы, а не потому, что движущее, равное 5 (или точнее, остаток тяжести), движется со скоростью, равной 1.

«Падающая вещь не имеет поддержки; следовательно, она ничему не отдает никакой части своей тяжести, и поэтому веревка [*nm*] не ощущает такой тяжести». Ответ гласит: если бы веревка не ощущала ее, то она бы не опускалась.

Каждая из обеих веревок, свисающих с противоположных сторон блока, ощущает всю тяжесть, которая с нею соединена; и это мы докажем при помощи весов, в которых грузы, помещенные на правом плече, ни в какой мере не нагружают левого плеча, а точкой разделения этих плеч является центр, где соприкасаются ось вращения весов и их опора.

Противник говорит, что падающая вещь имеет тяжесть только в воздухе. На это можно ответить, что если бы она не весила больше, чем воздух, она не проникала бы через него и оставалась бы неподвижной; но все движущееся проникает через среду, в которой движется его перевес: следовательно, и груз, опускающийся на весах, опускается только с той скоростью, с какой опускался бы остаток его тяжести, имея ту же плотность, что и весь груз.

Спрашивается: возрастание остатка тяжести увеличивает ли при движении соответствующего ему движимого груза его тяжесть? Да, в ту меру, в какую быстрота движения оказывается для этого [поднимаемого] тела затрудненной: верхний воздух уплотняется тем более, чем более быстро движение поднимающегося тела в сравнении с естественной скоростью воздуха.

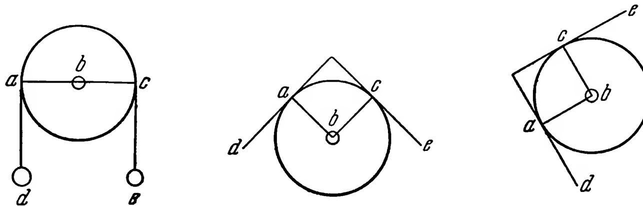
Веревка всегда рвется на границе между естественным и приобретенным движением, около точки более плотного соприкосновения с блоком, там, где находится тяжесть той и другой веревки (C.A., 342 c).

О блоках и талях

О том, что все блоки (rote) имеют природу весов. Тот блок будет выполнять роль совершенных весов, центр оси которого является центром его круга.

Блоки, которые находятся в инструментах, вращаемых силой или грузом, будут выполнять роль совершенных весов, когда одна сила окажется победительницей другой (С. А., 321a).

Линия движения — *ab*, линия силы — *da*. Линия движения *ab*, называемая рычаг, есть кратчайшее расстояние от центров бло-



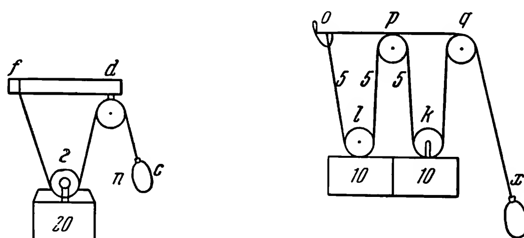
ков (rote) до их окружностей, на кратчайшем отрезке между центром и прямым направлением силы, касающимся блоков, т. е. на *ab*. Точки первой встречи, образуемые линиями веревок с окружностями блоков, движущих грузы, будут всегда иметь прямые углы, образуемые этими линиями, и теми, что идут от этих точек к центру названных блоков. Линии веревок, встречающиеся с окружностями блоков,— *ad* и *ce*; вершины прямых углов — *a* и *c*; линии, идущие от этих точек к центру блока, — *ab* и *bc* (С. А., 149 а).

О тяжести (De pondo) и движении. Ни одно тяжелое тело не поднимает на круговых весах силой своей простой тяжести больше тяжести, чем оно само.

Круговыми весами (bilancia circulare) я называю колесико или блок, при помощи которого извлекают воду из колодцев и при помощи которого никогда не будет поднято больше тяжести, чем приложит тот, кто достает воду.

О тяжестях (De ponderibus) и движении. Всякая тяжесть, поднимаемая посредством круговых весов, становится двойной для подвеса (sostentaculo) этих весов.

Это предложение может быть ясно понято и на примере колодезных блоков, ибо если кто привязывает ведро в 100 фунтов, то необходимо, чтобы с противоположной стороны он приложил 101 фунт. И вся эта тяжесть приходится на долю указанного подвеса.



Верхняя точка укрепления талей, поднимающих один груз, будет ощущать от движущего тяжесть меньшую во столько раз, сколько раз меньшая пара веревок содержится в большей. Если *m* весит 20 фунтов, то 21 в *n* поднимут их вверх; следовательно, ось весов *r* будет ощущать вес в 21 фунт. Если ты раздвоишь веревку, поддерживающую 20 фунтов, то *f* будет поддерживать 10 из них и *d* — другие 10. Если ты хочешь, чтобы *c* тянуло 10 фунтов, действующих своей тяжестью на *d*, дай 11 фунтов в *c* и поднимешь 10 имеющихся в *d*; следовательно, поддержка *fd* выдерживает 31 фунт.

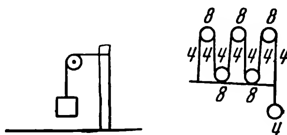
Если же ты хочешь перекинуть 4 веревки, образующих 2 пары, и блоки должны поднять 20 фунтов груза, тогда, говорю я, 10 фунтов держит блок *l* и 10 фунтов — блок *k*, каковые тяжести передаются верхним поддержкам. Таким образом, *o* берет 5 фунтов у *l*, также и *p* берет 5 фунтов у *l* и 5 фунтов у *k*. Наконец, *k* передает 5 фунтов *q*. И если бы ты захотел осилить эти 5 фунтов, ты должен поместить в *x* противовес в 6 фунтов. Когда приложены 6 фунтов в крайней точке против 5 фунтов на каждой из 4 веревок, держащих 20 фунтов, то, поскольку каждая испытывает лишь 5 фунтов тяжести, по-

стольку действующий добавочный груз на веревке *qx* не находит ничего, что его уравновешивало бы в противоположных действующих частях веревки, — он побеждает их все и все их движет.

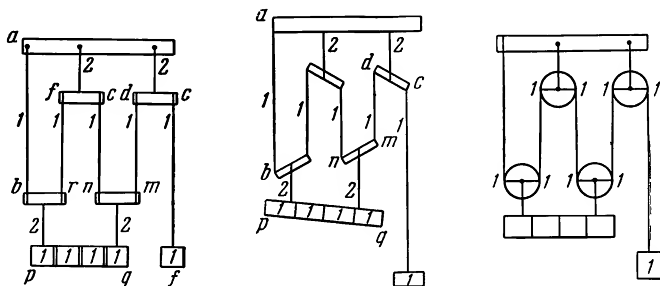
Всякая тяжесть, приданная свободным и непрерывным веревкам— вся во всем, и вся в [каждой] части (А, 62).

Если хочешь, чтобы груз *b* поднял груз *a* при равных плечах весов, необходимо, чтобы *b* было тяжелее *a*. Если бы ты захотел, чтобы груз *b* поднял груз *c*, более тяжелый, чем он, нужно заставить его при опускании совершить более длинный путь, нежели путь, совершаемый *c* при подъеме; и, если он опускается больше, следует, что плечо весов, опускающееся с ним, должно быть длиннее другого. И если бы ты захотел, чтобы незначительный груз *f* поднял большой *e*, грузу *f* пришлось бы двигаться по более длинному пути и быстрее, нежели грузу *e* (А, 22об.).

Если не считать первой прямой линии веревки, держащей подвешенный на ней груз, то сколько линий образует эта веревка при своих многочисленных изгибах, столько же раз будет удваиваться тяжесть, подвешенная на первой прямой линии её (С. А., 100об. b).



О п р е д е л е н и е с о с т а в н ы х в е с о в. Мы определим природу составных весов как в круговых весах, т. е. блоках (carrucole e rote), так и в весах прямолинейных.



Но сначала я сделаю некий опыт, прежде чем пойду дальше, ибо мое намерение сначала привести опыт, а затем посредством рассуждения доказать, почему данный опыт вынужден протекать именно так.

И в этом истинное правило того, как должны поступать изыскатели естественных действий. И хотя природа начинает с причины (ragione) и кончает опытом, мы должны идти обратным путем, начиная (как я выше сказал) с опыта, и с ним изыскивать причину.

Я вижу в прямолинейных составных весах во втором примере, что одному из концов необходимо опускаться настолько, насколько поднимается противоположный конец. Причиной этого является равенство плеч. Но последние [левые] весы первого примера показывают нам, что подвес *ab* вместе с *b* не может опускаться на столько, на сколько подымается противоположный подвес *fr* (E, 55).

Веревка, проходящая между блоками, имеет концы, носящие разные названия: та часть, которая вызывает движение и прикрепляется к вóроту (argano), называется тянущей (arganica), а та, которая укреплена на верхнем блоке, не давая блокам падать или опускаться, называется поддерживающей (ritenente).

О движении. Путь тянущей веревки, движущей груз, будет длиннее пути груза, поднимаемого талями посредством этой веревки, во столько раз, сколько блоков в этих талях.

О времени. Чем больше число блоков, находящихся в талях, тем более быстрым будет движение, производимое тянущей веревкой по сравнению с веревкой поддерживающей.

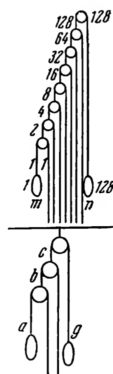
О тяжести. Чем больше число блоков в талях, тем больше будет поддерживаемая тяжесть по сравнению с поддерживающей.

О движении. Число ветвей веревки, прикрепленной к вóроту [т. е. «тянущей»], тем больше в сравнении с величиной тяжести, поднимаемой этой веревкой, чем больше число блоков, находящихся в талях (С. А., 321а).

О тяжести. Если разделишь груз, который хочешь поднять талями, на число блоков, имеющихся в этих талях, и результат

приложишь к тянущей веревке, то получишь грузы, которые равно противятся опусканию один другого (С. А., 321а).

Так же, как находишь ты здесь правило убывания веса у движущего, так найдешь и правило возрастания времени у движения. И такое отношение будет у тебя между движениями *m* и *n*, каково отношение груза *n* к грузу *m*.



Если конец веревки *a* движется на локоть, то конец веревки *b* движется на $^1/_2$ и конец *c* на $^1/_4$; следовательно, за одно и то же время *a* в 4 раза быстрее, чем *c*, поскольку отношение между движениями такое же, как отношение между грузами, — ведь *a* равно единице, а *g* четырем (С. А., 120об. с).

1-е [положение]. Одна из веревок талей ощущает тяжесть бо́льшую, чем другая, во столько раз, во сколько раз она быстрее движется; отсюда следует, что веревка, движущаяся медленнее, ощущает меньше тяжести.

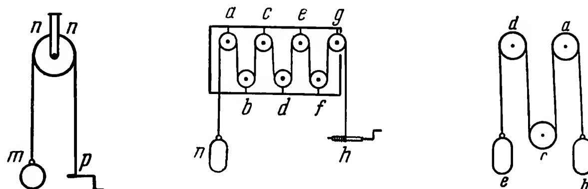
2-е [положение]. На основании предыдущего доказывается, что та сторона талей поднимается больше, которая приводится в движение более быстрой веревкой. Следовательно, та сторона поднимается меньше, которая приводится в движение более медленной веревкой талей (G., 80об.).

Веревки, опускающиеся с блоков вниз, ощущают больше тяжести, чем веревка, которая поднимается вверх. Доказывается 4-м [положением] этой [книги], гласящим: «Движущее всегда сильнее движимого». Но вот ты скажешь, что веревки *nm* и *np* ощущают одинаковые тяжести под действием тяжелого тела *m*, поскольку веревка *np* ощущает целиком ту же самую тяжесть, которая нагружает веревку *nm*,— не больше и не меньше, так как большего или меньшего там нет. Однако если *pn* становится движущим, то необходимо, чтобы движущее, как сказано, было сильнее движимого.

В соответствии с тем, что выше было выведено, необходимо в этом втором и третьем примерах, чтобы *ba* — движущее в третьем примере — было сильнее, чем веревка *ac*, как доказано в первом

примере, и равным образом веревка *ac* — сильнее, чем веревка *cd*, и веревка *cd*,— чем веревка *de*. Следовательно: чем больше блоков соединено вместе, тем больше, в том же порядке, движимое тело создает трудность для движущего и тем больше убывает сила движущего.

А для противника тяжесть движимого тела убывает и сила движущего возрастает тем более, чем больше число блоков, находящихся



между движимым и движущим; ибо если многочисленные веревки, которые движутся вверх и вниз, уменьшаются в своей силе, то из этого следует, что чем больше веревок имеется, тем больше убывает сопротивление движущему; таким образом, коль скоро предпоследняя веревка имеет намного меньше силы, чем предшествующая ей, для движущего возрастает трудность двигать движимое, находящееся на последней веревке (G, 81).

Первое. Сила, которую имеет двигатель тяжести, не однородна в веревках талей, а возрастает или убывает тем более, чем они ближе или дальше от двигателя.

Второе. Движение веревок, проходящих через тали, тем медленнее, чем они дальше от своего двигателя.

Третье. Нижняя система блоков, которые движутся в сторону верхних, не поднимается одинаково своими блоками (G, 82).

Веревки талей распределяют поддерживаемую ими тяжесть по равным частям. Сила, движущая тали, — пирамидальная, ибо униформно-диффорино убывает по направлению к последней веревке.

И пирамидально движение, которое имеют веревки этих талей, ибо оно униформно-диффорино убывает от первой веревки к последней.

Следовательно, веревка ощущает от силы движущего тем больше, чем быстрее она движется, и тем меньше, чем она движется медленнее.

Тем больше ощущают веревки силу движущего, чем ближе они к нему, и тем меньше, чем они от него дальше (G, 87об.).

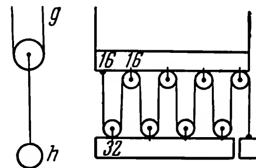
Бо́льшая сила талей находится в веревке, соединенной с их двигателем, а меньшая будет в веревке, соединенной с одним из блоков.

Груз, который тянут веревки, проходящие через блоки, распределяется по равным частям между веревками, соединенными с этими блоками. Та веревка талей будет более быстрой, которая ближе к своему двигателю; следовательно, наиболее медленная будет наиболее удалена от него (G, 95об.).

У веревок, находящихся в талях, отношение сил, получаемых от движущего, равно отношению скоростей их движения.

У движений, совершаемых веревками талей, отношение движения последней веревки к первой равно отношению между числом веревок, т. е. если их 5, то при передвижении первой веревки на локоть, последняя передвигается на $^1/_5$ локтя; и если их 6, эта последняя веревка будет обладать движением в $^1/_6$ локтя и т. д. до бесконечности.

Отношение, в каком находится движение того, что движет тали, к движению поднимаемого талями груза, равно отношению груза, этими блоками поднятого, к весу движущего; откуда следует, что при поднятии груза на локоть движущее опустится на 4 (E, 20об.).

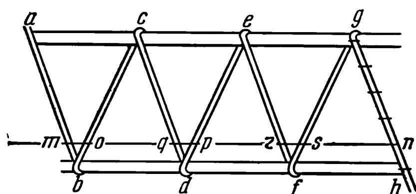


Смотри, — поскольку g ощущает вдвое меньше тяжести, чем h, постольку путь g будет вдвое более длинным, чем путь, совершаемый h.

Этот груз распределен по 8 веревкам и одна лишь девятая держит то, что ей дано восьмой веревкой (C. A., 104об. b).

О движении и силе. Из вещей, движимых одной и той же причиной, та, которая обладает более быстрым движением, причинит более ущерба своему движущему.

Пример: допусти, что *ag* — система блоков, равным образом *bh* — других внизу, которые я хочу поднять до границы линии *mn*. Я говорю: для этого нужно части веревки *gh* опуститься так, чтобы часть *g* ушла вниз в *h*; следовательно, необходимо, чтобы веревка, которая окажется тогда между *g* и *n*, была той, которая ушла из *mbo*, *pdq*, *rfs*.



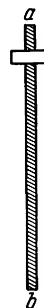
Итак, возвращаясь к соображению, высказанному выше, — когда *mbo* выйдет из своего места, ее будет тянуть *pdq*, которое, со своей стороны, выйдет со своего места при двойной длине веревки, ибо стержень *bh* нисколько не поднялся бы, если бы вышло столько же веревки, сколько и в *mbo*. Таким образом, веревка *rsf* выйдет со своего места утроенной, ибо через него пройдут и веревка *mbo* и веревка *pdq*. Следовательно, когда угол *b* пропустит 1 локоть веревки, угол *d* пропустит 2, угол *f* — 3, почему испытает втрое больше труда, чем *b*, ибо движется втрое быстрее, чем *b*.

Я не отрицаю, что каждая веревка ощущает одинаковую тяжесть, но при неодинаковом их движении будет более трудиться то, что их движет. Например: пусть рука тащит груз в 1 фунт медленным движением; затем пусть тот же двигатель тащит тот же груз быстрым движением, — тем больший труд и тем бо́льшую усталость он будет испытывать, чем больше разнится второе движение от первого (A, 61об.).

Где оборвется веревка талей? Третье [положение]. Веревка, которая движется в талях и которая сама по себе одинаково прочна везде, всегда будет рваться в начале, — там, где веревка движущего приходит в соприкосновение с первым блоком. Доказывается это первым положением, в котором говорится, что более быстро движущаяся веревка ощущает больше тяжести; следовательно, по-

скольку веревка движущего — самая быстрая, она ощущает больше тяжести. И в соответствии с допущением: «та веревка рвется скорее, которая ощущает бо́льшую тяжесть» ⟨...⟩ (G, 80).

Та часть веревки везде одинаковой прочности легче рвется, которая ощущает тяжесть бо́льшую, чем она сама. Доказательство: пусть веревка *ab* свисает в воздухе, укрепленная за верхний конец, который может выдерживать 1000 [фунтов]. Я утверждаю, что если такая веревка сама весит 1001 фунт, она порвется ближе к концу *a*, там, где кончается длина, которая весит 1000 фунтов, а не в другом месте, где веревка весит 999 фунтов, ибо в последнем случае еще остается сила в 1 фунт, которая, будучи прибавлена к остальной части веревки, доводит ее до последнего предела всей ее силы; и тот груз, который будет прибавлен к такой веревке, тотчас же порвет ее на верхней границе $^{100}/_{100}$ ее длины и ее веса.



Веревка одинаковой толщины и прочности, помещенная в разных положениях, порвется в разных местах своей длины, побеждаемая грузом.

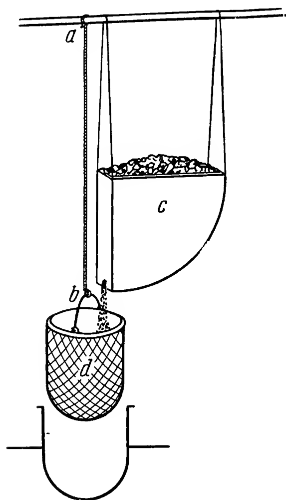
Если лук помещен вертикально, тогда тетива порвется в верхней части, где кончается ее прямизна; и происходит это оттого, что сила тетивы находится вся во всей и вся в каждой части длины тетивы, однако к этой силе прибавляется тяжесть тетивы.

Посмотри, где самострел рвет свою тетиву, и поймешь, где она порвется, будучи побеждена силой (G, 80).

О тяжестях, передаваемых веревкам талей. Всегда первая веревка талей есть та, которая рвется в последней части своей высоты, в том месте, где кончается ее покой на блоке (E, 20об.).

Опыт с силой, которую может проявить железная проволока разной длины. Напоминаю, как ты должен на опыте проверять выносливость, т. е. какой груз может выдержать железная проволока. При этом опыте поступай

так. Подвесь железную проволоку длиною в 2 локтя (или около того) к чему-нибудь прочному; затем подвесь к ней корзину, лукошко или что-нибудь другое, по твоему усмотрению, и через маленькое отверстие в воронке насыпай туда мелкого песку; когда эта железная проволока не сможет больше выдерживать и порвется, приводи в действие пружинку, чтобы отверстие воронки сразу закрылось и песок больше не падал в корзину; она упадет вниз, ибо ей придется упасть с $^1/_2$ дюйма высоты. Заметь, какова тяжесть, порвавшая эту проволоку; заметь, в каком месте эта проволока порвалась, и повтори несколько раз этот опыт для подтверждения, что она постоянно рвется в одном и том же месте. Затем сделай проволоку вдвое короче и заметь, насколько больше тяжести она выдерживает; затем сделай ее в $^1/_4$ длины первоначальной и так постепенно бери разные длины, отмечая тяжесть, которая их разрывает, и место, где они разрываются.



И этот опыт ты проделаешь с каждым металлом и деревом, с камнями, веревками и любой вещью, способной выдерживать тяжесть; и для каждой выведи общее правило. Так же поступай с наземными опорами, т. е. с такими, которые, поддерживая, имеют один свой конец укрепленным в земле или со стороны земли (C. A., 82 b).

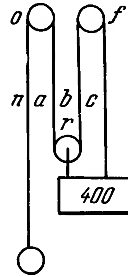
Допущение. Веревка везде одинаково прочная, которая должна порваться под действием чрезмерной тяжести, порвется там, где она ощущает наибо́льшую тяжесть.

Предложение. Веревка, везде одинаково прочная, под действием собственной тяжести всегда порвется в месте своего прикрепления.

То, что здесь предлагается, будет доказано в немногих словах. Если веревка весом в 4 фунта свисает вниз под точкой своего прикрепления, то в точке деления, отделяющей четвертую часть от трех других, веревка передает этим трем четвертям не больше 1 фунта, в точке деления между обеими половинами

она передает 2 и в точке деления между $^3/_4$ и $^1/_4$ она передает 3 своему остатку; а на делении целой нити она передает 4 точке своего прикрепления. Следовательно, доказано, что вся тяжесть ее передается точке ее прикрепления, и, в согласии с вышеприведенным допущением, мы заключаем, что названная веревка должна порваться в точке своего прикрепления.

Веревка, которая обоими своими концами свешивается книзу блока, между движимым и движущим, всегда будет рваться с той стороны, где находится движущее.



Веревка, которая свисает с блока и один конец которой связан с движимым, а другой — с движущим, всегда будет рваться над центром блока, но тем ближе к движущему по сравнению с движимым, чем движущее сильнее движимого.

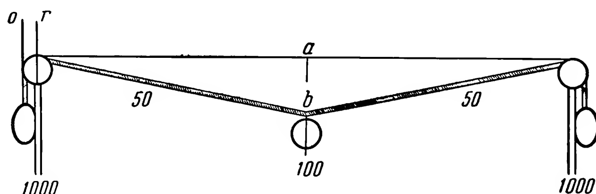
Веревка везде одинаково прочная, вертикально опускающаяся к разрывающей ее тяжести, будет рваться около своего верхнего конца. Веревка *n*, всегда имеющая больше движения, чем веревка *c*, будет рваться первой, так как она больше разрушается.

О четырех веревках *n*, *a*, *b*, *c* делается заключение, что они нагружены одинаковыми тяжестями; но перевес, который имеет движущее *n*, помимо качеств тяжести, распределяется неравномерно и в смысле движения, ибо веревка *n* и веревка *b*, которые опускаются, имеют большое различие между собой по весу; в самом деле, *b* на одну степень превосходит *c*, ибо *b* не пойдет вниз, если не будет весить больше *c*; кроме того, *b* ощущает трение от блока *f*, несущего на себе 200 фунтов, *n* же испытывает трение от 400 фунтов. Кроме того, имеются сопротивления двух других трений *r* и *f* и сила избытка, передающаяся от *n* к *c*; если в *n* эта сила равна 4, то в *b* она оказывается меньшей на столько, сколько пропадает при трении блоков. В самом деле, если она равна 4 в *n*, то она уже не будет равна 4 в *b*, ибо два блока поглотили часть ее, как показано в 5-м [положении] 3-й [книги] «Деталей машин». Следовательно, из этого и из того, что было сказано выше, ясно, что веревка *n* испытывает гораздо больше трудности (fatica), нежели веревка *c*, и потому, если она должна порваться, она порвется, отделяясь от своего блока *o*, ибо тяжесть всей веревки *n* кончается на блоке *o* (C. A., 145 b).

О грузе, который подвешен к нити, укрепленной на двух концах

Невозможно выпрямить канат, длина которого равна 100 локтям, если он подвешен между блоками с расстоянием в 100 локтей и на каждом конце подвешен груз в 1000 фунтов. Я утверждаю, что если

ты подвесишь груз весом в 100 фунтов в середине этого каната, то канат скорее лопнет, чем поднимется, перемещая свой груз в точку *a*. Между тем кажется почти невероятным утверждение, что 2000 фунтов груза, укрепленные на концах каната, не в состоянии поднять 200 фунтов, т. е. тяжесть каната и груз, помещенный в середине каната.

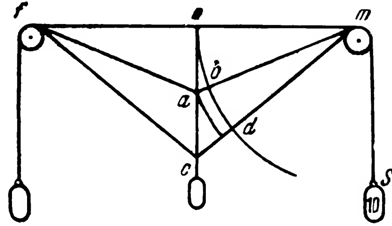


Причина та, что груз, помещенный в середине каната, производит то же самое действие на противовес в 1000 фунтов, какое производил бы такой же груз, подвешенный к концу рычага длиною в 40 локтей. Следовательно, чтобы определить истинное действие, т. е. определить, возможно ли грузу в 2000 фунтов выпрямить канат, измерь диаметр блока, поддерживающего груз в 1000 фунтов, и посмотри, сколько раз половина этого диаметра содержится в промежутке между половиной блока и половиной груза в 100 фунтов на линии *ora*. И половина груза, находящегося на середине каната, поднимется выше на столько, сколько раз часть диаметра *or* содержится в *ra*. Предположим, следовательно, что *or* содержится 200 раз в расстоянии до точки над серединой каната, и столько же — в другой половине, что дает 400. Итак, ты скажешь: 400 на 100 дает 40 000, а кроме того, имеется вес каната, который тянет его своей тяжестью вниз. В результате канат на большой длине не может выпрямиться, не порвавшись (А, 51об.).

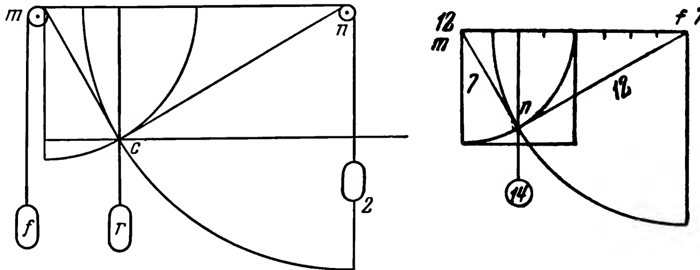
В первый день августа 1499 г. я написал здесь о движении и тяжести.

Если груз подвешен на одной стороне веревки, попросту поддерживаемой блоком, возможно, что такой груз будет побежден

другим, меньшим грузом, подвешенным на противоположной стороне веревки. Однако движения их никогда не будут равными, и отношение одного движения к другому будет обратным отношению грузов. Например: допустим, что одна из сторон веревки, поддерживаемой одним блоком, будет *ms*, а другая сторона будет *mf*. Я говорю: если малый груз [*c*] опускается, изгибая веревку *fm*, до тех пор, пока груз *s* не поднимется, последний совершит движение, равное *ab*. И такое же отношение, которое существует между *na* и *ab*, ты обнаружишь между грузом *s* и грузом *c*. Это очевидно из указанной выше пропорциональности движений. Обрати внимание, что окружность *nbd* дает всегда истинную длину веревки *nm*, а остаток, выходящий за эту окружность, есть часть веревки, недостающая на стороне *ms*, и таково всегда будет движение, совершаемое грузом *s*, если только веревка не растягивается, — такое растяжение выходит за пределы правила и есть вещь случайная, в отношении которой общего правила дать нельзя.



Отвесно висящая веревка должна быть укреплена в *n* и не должна скользить (С. А., 104 b).

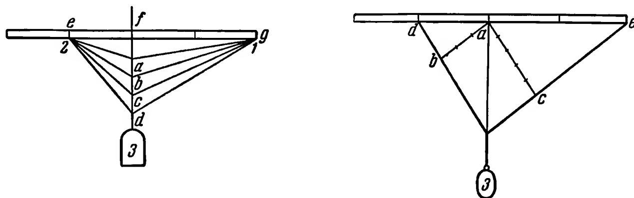


Попробуй держать рукой веревку *cn* и смотри, какой груз, помещенный в *f*, заставит груз *r* находиться ниже *c*.

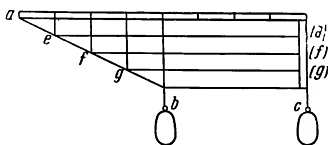
В том отношении, в каком линия *mn* стоит к линии *nf*, будут находиться и тяжести *f* и *m* (С. А., 158об. b).

Груз, подвешенный к плечам весов посредством двух концов одной веревки, всегда будет иметь подвес, целиком или частично являющийся потенциальным (В. М., 1).

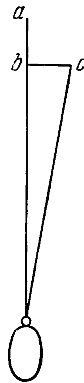
По 4-му [положению] 9-й [книги] здесь распределение естественной тяжести не меняется при увеличении или уменьшении углов,



образуемых веревками в их соединении с грузом; меняется только тяжесть приобретенная, которая возрастает с увеличением угла, образуемого нитями.



По 6-му [положению] 9-й [книги] тяжесть, равная 3, распределяется между реальными плечами весов не в том отношении, какое существует между этими плечами, но в том, какое имеют между собою плечи потенциальные.

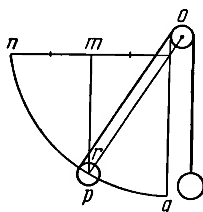


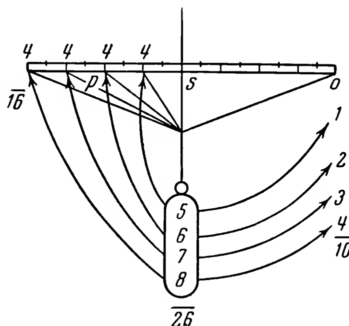
В этом примере меняется только естественная тяжесть; приобретенная тяжесть постоянна, если не меняется наклон веревки *ab* и горизонтальность веревки *bc* (В. М., 1об.).

Отношение между тяжестью, которую ощущает наклон *op* груза *r*, и остальной частью этой тяжести таково, каково отношение между расстоянием *nm* и расстоянием *mo*.

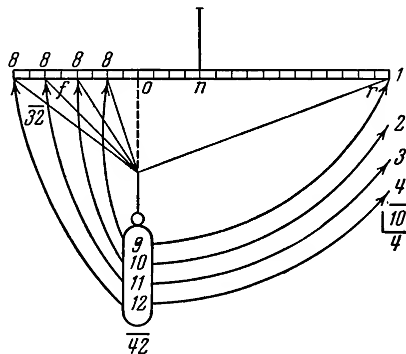
Чтобы при таких расчетах оперировать целыми числами, всегда нужно принимать величины грузов равными числу частей, на которые разделены плечи весов, на каковые ты

их хочешь подвесить, и приравнять отношения грузов и плеч, а затем переставить члены отношения; и так ты сделаешь с каждым грузом, и будет хорошо.



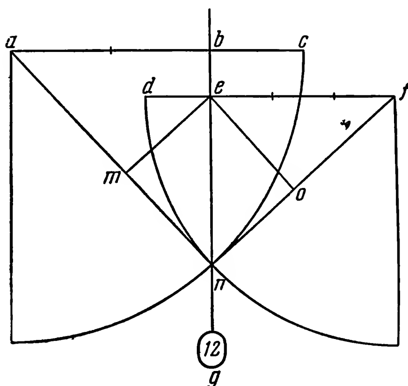


Чтобы убедиться в правильности приведенного выше доказательства, вычисли и увидишь, что центр тяжести 16 и центр тяжести 10 находятся в s^{11}; плечо весов *sp* равно 5, а противоположное плечо равно 8; следовательно, меньщее плечо составляет $^5/_8$ большего плеча, и в таком же отношении должны находиться противоположные грузы, а именно меньший должен равняться $^5/_8$ большего. Здесь это правило соблюдено, ибо 10 большего плеча составляет $^5/_8$ от 16, подвешенных на меньшем плече.



На этом втором чертеже я вижу, что первые плечи весов *of* и *or* составляют 5 единиц против 16, т. е. меньшее плечо равно $^5/_{16}$ большего плеча; по этой причине противоположные грузы стоят в том же отношении, ибо на меньшем плече находится 32, а на большем

плече 10, так что одна величина составляет $^5/_{16}$ другой. Далее весы перемещают центр из *o* в *n*, и я хочу знать, каким образом следует уравновешивать; ведь отношение плеч равно 2 : 6, а грузы стоят в отношении 42 : 10. Действуй по тройному правилу и скажи: если 2 меньшего плеча соответствует 6 на большем плече, которое равно 6, то сколько потребует 42? Исследуй и увидишь, что требуется 14. Так что если прибавишь 4 к 10, имеющимся в *r*, все будет в порядке (В. М., 3).



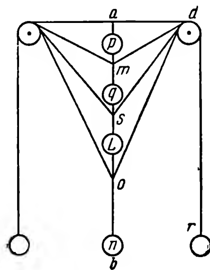
Здесь разыскивается, какую часть тяжести, равной 4, ощущают веревка *an* и веревка *fn*.

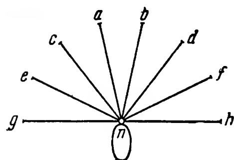
Найди число, делящееся на 3 и 4; это будет 12. На него раздели линию *ac*, равно как и линию *df*; затем посмотри, чтó у них остается вне центральной линии *bg*, а именно: часть *ab* с одной стороны и часть *ef* — с другой. Эти части играют роль реальных плеч весов. И ты скажешь, что *ab* есть $^1/_2$ от 12, т. е. 6, а *ef* составляет $^3/_4$ от 12, т. е. 9. Итак, здесь при реальных плечах весов *ab* и *ef* потенциальные плечи будут *em* и *eo* (В. М., 3об.).

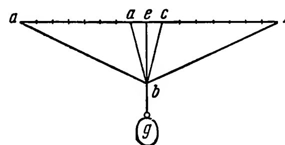
Груз, который держится в углу веревки, будет передавать веревке тем бóльшую тяжесть, чем больше этот угол.

То тело окажется более тяжелым, которое более удалено от центральной линии, проходящей через точку прикрепления его поддержки.

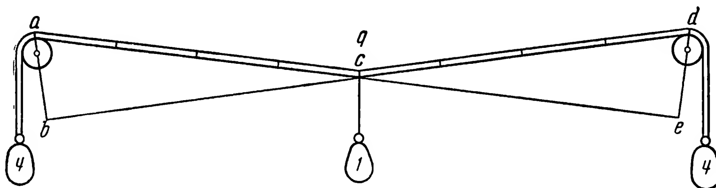
Посмотри здесь: грузы *p*, *q*, *b*, *n*, прикрепленные в углах *a*, *m*, *s*, *o*, находясь в условиях, указанных выше, т. е. будучи одинаково удалены от центральной линии своего прикрепления, несмотря на это, не равны по своей силе, хотя и равны по своей естественной тяжести; и происходит это оттого, что углы веревки, в которых они прикреплены, не одинаковы по величине.







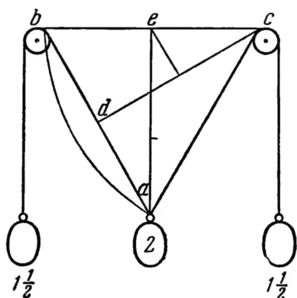
Рычагами плеч *db* и *bf* являются линии *de* и *fe*; и если бы эти плечи были сделаны из негнущегося материала, то привешенный груз 8 разделялся бы на 2 равные части и из них 4 ощущало бы *ed* и 4 — *ef*. Но так как это веревка, то она подчиняется правилу 4-го [положения] 9-й [книги] (В. М., 3об.).



Здесь полуреальный подвес *ace* встречается с потенциальным плечом *de* весов *dc* и *de*; плечо это в 4 раза короче плеча *dc* и, следовательно, имеет в 4 раза бóльшую силу, чем это плечо *dc*; потому по необ-

ходимости оно нагружается вчетверо большей тяжестью, препятствуя опусканию плеча *dc* с грузом, на нем укрепленным. Отсюда мы делаем заключение, что 4 фунта в *a* противятся опусканию 1 фунта, находящегося в *c*; и так как веревка *acd* натянута двумя равными силами, т. е. с одной стороны 4 и с другой 4, она выдерживает 8 фунтов, каковые 8 фунтов являются приобретенной тяжестью, если такая веревка только привязана своими концами, не имея других противовесов. Далее имеется 1 фунт естественной тяжести, подвешенной в *c*. Следовательно, названная веревка выдерживает 9 фунтов (В. М., 4).

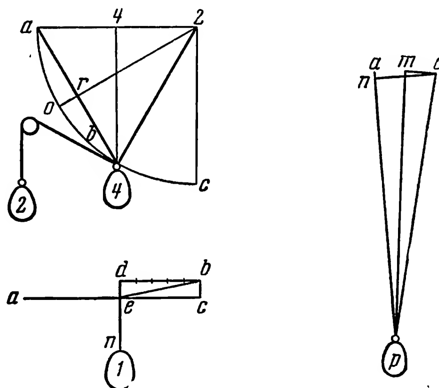
Здесь естественная тяжесть есть 2 и любая другая всегда так же распределена, как эта,— поровну между обеими своими поддержками *ab* и *ac*. Затем прибавляется к каждой из этих поддержек приобретенная тяжесть; ее должна принять та веревка, которая оттягивает этот груз от его отвеса. И эта приобретенная тяжесть будет во столько раз большей или меньшей, во сколько раз естественная тяжесть больше или меньше оттянута от названного отвеса. Кроме того, присоединяется третья сила, которая всецело сводится к естественной тяжести. И это есть тяжесть противоположного противовеса, который постоянно должен быть равен своей противоположности, даже если бы он не существовал актуально и веревка была бы только прикреплена жесткой связью за свои концы к чему-нибудь. Следовательно, нужно считать, что в таком случае способность сопротивления равна тяжести.



Пусть веревка *bac* поддерживает в углу *a* груз 2; эти 2 являются естественной тяжестью. И этот груз, будучи поддержан двумя веревками, по необходимости распределяется поровну между той и другой, отчего каждая веревка ощущает 1 фунт. Далее, к той и другой прибавляется приобретенная тяжесть, порождаемая грузом 2,

оттянутым от направления своего отвеса: когда груз висит под серединой линии bc, сила этой тяжести проходит через точку e; теперь веревка ba нагружена половиной той величины, которую поддерживала веревка ac, когда она была отвесной; отсюда получается, что этой веревке ba приходится поддерживать $1^1/_2$ фунта. И то же делает веревка ac. Выходит, что веревка ba с одной стороны должна поддерживать вес, а с другой — противовес, которые вместе составят 3 фунта (В. М., 4об).

Поддержка полностью нагружается соединенной с нею тяжестью, опускающейся по прямой линии на этот груз, согласно тому, что

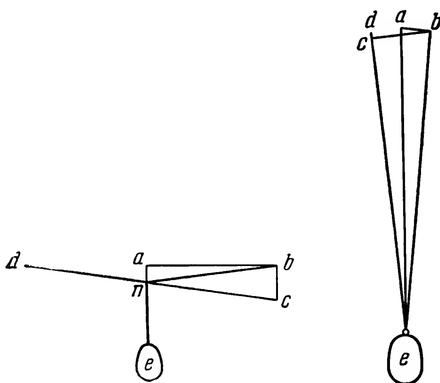


сказано на полях предыдущей страницы. И при таких расчетах надлежит иметь дело с плечами 2—r и 2—4. Рычаг 2—r кончается, сочетаясь под прямым углом с подвесом ar, а противорычаг 2—4 кончается, сочетаясь под прямым углом с подвесом 4—4, т. е. с подвесом груза.

Здесь потенциальный рычаг db в 6 раз больше своего потенциального противорычага bc; из чего следует, что 1 фунт, помещенный на подвесе dn, равен по своей силе 6 фунтам, помещенным на полуреальном подвесе ca; еще 6 фунтов силы прибавляет b. Итак, веревка aeb, благодаря 1 фунту, помещенному на dn, ощущает силу в 12 фунтов.

Большее плечо весов *on* и плечо *om* никогда не окажутся вдвое больше одно другого, если только их подвесы *na* и *mp* не станут параллельными, что невозможно, так как эти подвесы, соединяясь, образуют угол *p*, и если бы эти линии не встречались, тогда угол уничтожился бы вместе с плечами этих весов. По тому, что сказано в предпоследнем [положении], плечо *on* превышает плечо *om* меньше чем в два раза, почему его подвес *na* ощущает больше $^1/_2$ груза *p*. Это «больше» будет стоять в таком отношении ко всей тяжести *p*, в каком часть, недостающая большему плечу для того, чтобы стать вдвое бо́льшим плеча *om*, стоит ко всему плечу. И все это «больше» есть приобретенная тяжесть.

Заключение о грузе, подвешенном в углу веревки, и о том, как он распределяется на каждую сторону этого угла. Невозможно, чтобы когда-либо под действием какой-либо силы веревка, протянутая поперек, могла выпрямиться. И это тем более невозможно, когда она будет иметь какой-нибудь груз, подвешенный в середине ее длины.



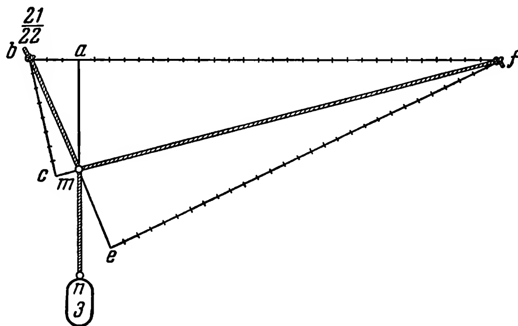
Доказательство. Пусть *dnb* — веревка, протянутая поперек, и *e* — груз, привешенный к ней. Здесь по 7-му [положению] «О весах» я построю потенциальные весы, плечами каковых будут *ba* и *bc*, а *cd* и *ae* будут его полуреальными подвесами. Итак, я говорю, что если мы хотим выпрямить веревку *dnb*, то ее угол *n* должен постоянно увеличиваться, рычаг *bc* уменьшаться, а противорычаг *ba* увеличиться. И так как этот рычаг *bc* делим до бесконечности, то,следовательно, необходимо было бы бесконечно увеличиваться тяжести при его умень-

шении. Эта тяжесть бесконечно возрастала бы, если бы веревка и ее поддержки не оборвались.

Рычаг и потенциальный противорычаг (измеритель тяжести, поддерживаемой углом веревки) никогда не будут вдвое больше один другого, так как, находясь в положении, при котором один вдвое больше другого, они немедленно сливаются. И здесь кончается содружество естественной и приобретенной тяжести, — вместе с наименьшим из всех острых углов.

Если бы возможно было выпрямить веревку, протянутую поперек, и уничтожить последний, наибольший из тупых углов, которые создаются грузом, поддерживаемым в середине этой веревки, сила этой веревки стала бы бесконечной, когда она поддерживает ничтожный груз, а рычаг и противорычаг уничтожились бы, что невозможно, так как при таком положении веревки не бывает силы без рычага (B. M., 6—6об.).

Здесь груз *n* поддерживается двумя различными силами, т. е. *mf* и *mb*. Теперь мне нужно найти рычаг и потенциальный противорычаг этих двух сил *bm* и *fm*. Из них силе *b* соответствует рычаг *fe* и противорычаг *fa*. Рычагу *fe* соответствует подвес *eb*, к которому приложен двигатель *b*, и противорычагу *fa* соответствует подвес *an*, он поддерживает груз *n*. Установив равновесие между силой и сопротивлением двигателя и груза, необходимо посмотреть, каково соотношение

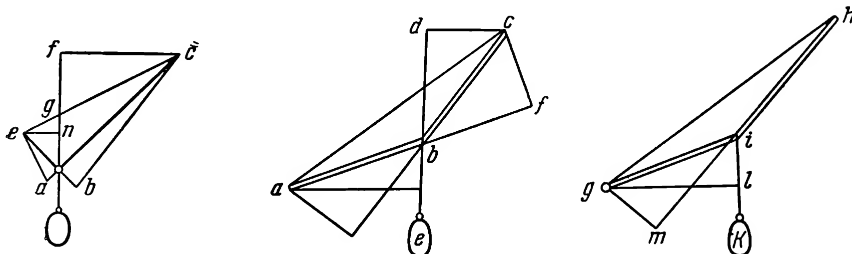


между рычагом *fe* и противорычагом *fa*; рычаг *fe* составляет $^{21}/_{22}$ противорычага *fa*, следовательно, *b* ощущает 22, если груз равен 21. Что касается второй пары рычагов и противорычагов *bc* и *ba*, то ей соответствуют подвес *cf*, соединяющийся с двигателем

f, и подвес *an*, соединяющийся с грузом. Нужно посмотреть теперь, каково отношение между рычагом *bc* и противорычагом *ba*. Противорычаг составляет треть рычага. Следовательно, сила в 1 фунт в *f* противится 3 в *ba*, а $^{21}/_{22}$ от 3 фунтов *n*, находящиеся в *b*, противятся $^{22}/_{22}$, находящимся в *ba*.

Здесь имеется двое весов. Одни из них те, которые имеют плечи *cf* и *cb*; плечи вторых весов — *en* и *ea*.

abc — веревка, образующая угол; *e* — груз, поддерживаемый этой веревкой; *cd* — плечо весов, поддерживающее груз *e*; *cf* — противоположное плечо весов, где находится то, что движет этот груз, т. е. *a*.

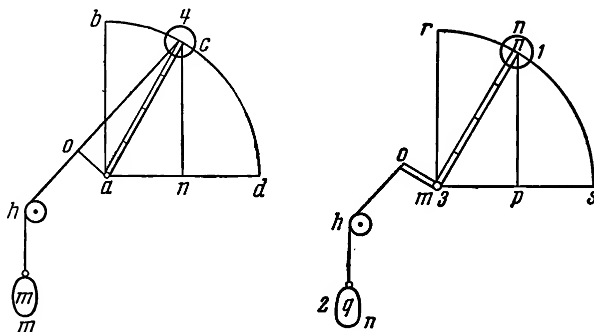


hig — наклонная веревка, поддерживающая в углу *i* груз *k*; *gl* — плечо весов, поддерживающее груз *k*; *gm* — второе плечо весов, где находится сопротивление грузу *k*, т. е. *h*.

Обе эти фигуры — одно и то же; но расчет произведен в два раза, чтобы не запутывать глаз. И один расчет дан с одной стороны и другой — с другой. Конец правила для расчета неравных плеч веревки, образующей угол (B. M., 7об).

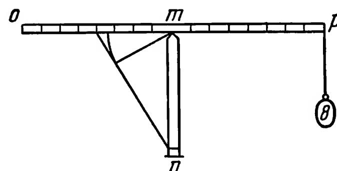
В *a* имеется тяжесть *c* и уравновешивающая ее тяжесть *m*, равная половине *c*, иначе говоря, в *a* ощущается утроенный вес *m*. В самом деле: *c*, находясь в таком положении, передает половину своей тяжести в *a*, а другую половину — в *d*. Половину со стороны *d* уравновешивает *m* с таким же весом, а второй половине противостоит *a*. Следовательно, мы заключили, что *a* нагружается утроенным весом *m*, а именно половиной *c*, и второй половиной вместе с противовесом *m*, каковой равен половине *c*.

В *m* также находится утроенный вес *q*, ибо в этом *m* заключена половина веса *n*, как сказано выше. Далее, *m* оказывается осью вращения весов, помещенных между двумя равными силами, т. е.



силой половины *n*, желающей итти в *s*, и сопротивлением *q*, не дающим спускаться к этому *s*. Следовательно, доказано, что то же самое,— привязать ли веревку *hc* в *c*, или веревку *ho* в *o*.

Чтобы сказать лучше: рычаг *om* есть $^1/_4$ противорычага *nm*. 2 фунта в *q* уравновешивают $^1/_2$ фунта в *n*, отчего *m* ощущают 2 от *q*,, $^1/_2$ от *n* и еще $^1/_2$, которая передается в *m*, опускаясь из $^1/_2$ *n*. И вот мы имеем $1^1/_2$ фунта силы в *m* против 2 в *q*; но точка оси вращения *m* не ощущает силы потому, что она не весит . . .

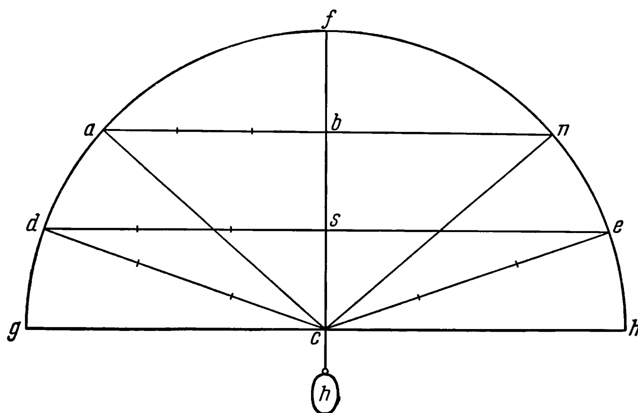


Спрашивается: какую тяжесть ощущает нижний конец поддержки *n* от тяжести 8, подвешенной к весам *op*? (В. М., 8).

Здесь доказывается, почему две стороны треугольника ощущают от тяжести, подвешенной в углу, ими образуемом, такие части, которые стоят в том же отношении друг к другу, в каком находится одна из этих сторон с высотой (assis). Причина, почему стороны таковы, что высота показывает величину груза, привешенного в углу, заключается в том, что линия *fc* равна этой стороне согласно определению

окружности. И также можно сказать, что отношение части *bc* к целому *fc* таково, каково отношение тяжести, ощущаемой сторонами, к естественной тяжести груза, который подвешен в углу, образованном соединением этих сторон.

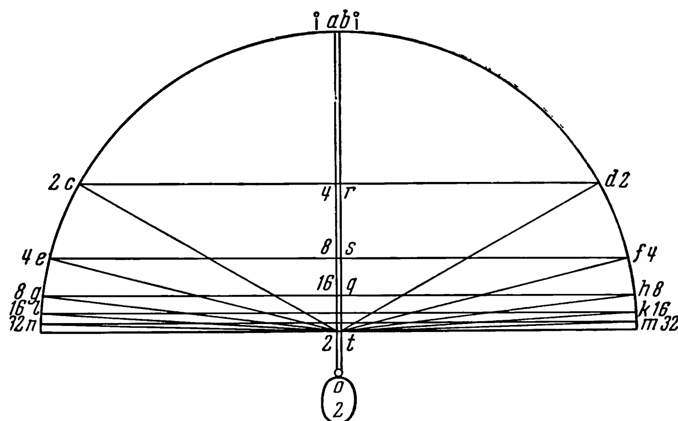
Но так как при слиянии обеих сторон вверху в точке *f* приобретенная тяжесть исчезает, то остается только тяжесть естественная.



А когда концы этих сторон начинают расходиться и двигаться по кругу, тогда они начинают опускаться, и рождается приобретенная тяжесть, называемая силой, каковая хотя и не весит, но исполняет роль тяжести и приобретает тем бóльшую величину, чем больше опускаются концы сторон, и мера опускания находится на отвесной линии *fc*. Следовательно, эта воображаемая линия [*fc*] размеряется посредством пересечения ее прямой, простирающейся от одного конца стороны [12] до другого конца другой стороны [12]. И таким образом указанной последней линией ограничивается треугольник, который своим основанием пересекает линию *fc* [13] и то, что остается внутри треугольника от этой линии, называется его высотой и является мерой, на сколько опустились края обеих сторон. Вот почему указанной высотой измеряется тяжесть, приходящаяся на названные сторо-

ны,— тяжесть, которая находится в таком же соотношении с естественной тяжестью *c*, в каком эта высота находится со всей высотой *fc* или, можно сказать, с одной из сторон, что то же самое (В. М., 9).

Приобретенная тяжесть создается естественной тяжестью. Во столько раз возрастает приобретенная тяжесть на сторонах веревки, образующей угол, во сколько раз уменьшается ось (assis) данного угла, в котором подвешен груз.



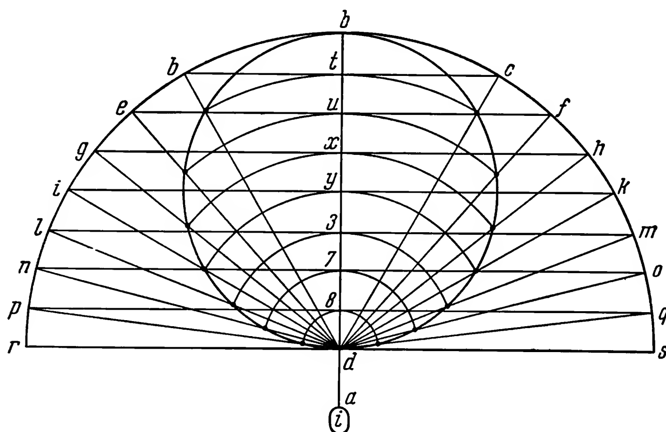
Пусть веревка, образующая угол, будет *ctd* и ось ее угла пусть будет линия *rt*, которая кончается в углу, где подвешен груз *o*.

Груз *o*, который равнялся 2 для веревок *at* и *bt*, равных своей оси, при уменьшении этой оси (или отвеса) на половину своей длины, когда концы веревок опустились в *c* и *d*, и ось равна *rt* (половине *at*), груз в этом случае, ранее равнявшийся 2 в *o*, теперь становится равным 4 в *cd* и так далее при делении этой оси последовательно пополам. Такое деление дает бесконечное уменьшение оси и, соответственно, отсюда должно было бы воспоследовать бесконечное возрастание тяжести для сторон, отвечающих этой оси (В. М., 9).

Груз, подвешенный в середине горизонтальной веревки, образует над собой угол. Пусть будет проведена над ним прямая линия, своими концами доходящая до точек прикрепления этой нити. Так ты

образуешь треугольник, высота (assis) которого будет находиться со своей стороной в таком же соотношении, в каком находится тяжесть посредине с тяжестью, ощущаемой в точке укрепления этой веревки.

Так как высота *td* треугольника *bcd* равна $^7/_8$ его стороны, то часть поддерживаемого веревками груза *i*, которую они ощущают, будет соответственно равна $^9/_8$ и $^1/_7$ от такой восьмой [т. е. $^8/_7$].

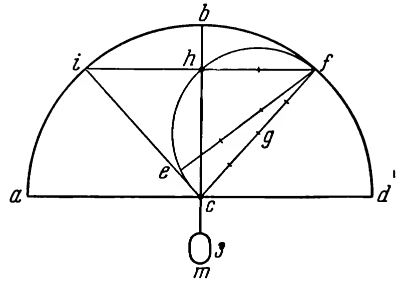


Следующая высота равна $^6/_8$ соответствующей стороны, т. е. $^3/_4$; единица груза *d*, подвешенного на веревке, станет равна $^3/_4$ той величины, которую будут ощущать обе веревки. Третья высота равна $^5/_8$ стороны, и опять тяжесть для сторон будет равна $^8/_5$ тяжести для высоты. Четвертая высота равна $^1/_2$ стороны, и тяжесть для сторон будет вдвое больше, чем тяжесть для высоты. И так постепенно можно до бесконечности делить эту высоту. Следовательно, бесконечной сделалась бы тяжесть, которая возрастала бы для веревок, поддерживающих единицу груза, если бы только они не порвались (В. М., 10).

Здесь доказывается, что отношение между высотой и ее стороной равно отношению между тяжестью, действующей по линии

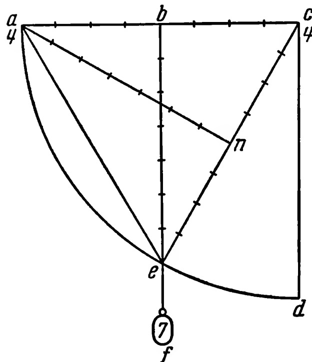
высоты, и тяжестью, которую эта высота передает двум своим сторонам.

Я говорю, что высота *hc* составляет $^3/_4$ стороны *cf*. Следовательно, тяжесть *m* составляет $^3/_4$ той тяжести, которую ощущают обе стороны[14]. Доказательство того, что сказано выше. Так как от линии *bc* отрезана четверть *bh*, то остается от нее $^3/_4$, а именно *hc*. Отсюда следует, что эти $^3/_4$ находятся в таком отношении со своим целым *bc*, в каком высота находится со своей стороной. А сторона равна всему отвесу *bc*. Но то, что сказано, еще не все. Доказательство ведется при помощи весов *fh* и *fe*, противорычаг которых *fh* равен 2, а рычаг *fe* равен 3. Отсюда следует, что 3 в *h* противостоит 2 в *e* и, следовательно, тяжести находятся в том же соотношении, в каком были между собой и плечи весов, т. е. 2 : 3. Далее, в *m* действует сила тяжести, равная 4, а мы во второй части нашего доказательства приняли ее равной 3 против 2 подвеса *ci*. Поскольку в *m* имеется 3, а в *i* имеется 2, и 2 составляет $^2/_3$ от 3, это отвечает соотношению между плечами названных весов. Итак, в *i* имеем $^2/_3$ тяжести *m*, равной 3. Но в этом случае шла речь о тяжести, относящейся только к одной стороне, т. е. о тяжести, равной 2; столько же тяжести возникает на противоположной стороне, что дает 4. Итак, мы получили, что груз *m*, равный 3, составляет $^3/_4$ той тяжести, которую ощущают обе стороны; и это соответствует первой части доказательства, согласно которой высота составляла $^3/_4$ одной из обеих сторон.



Построй полукруг *fhc* на стороне *fc* только для того, чтобы найти в нем прямой угол *fec*, образуемый пересечением рычага *fe* и его подвеса *ei* (B. M., 10об).

Здесь высота *be* равна 7 и сторона *ce* равна 8. Следовательно, 7 (тяжесть, ощущаемая высотой) ощущается обеими сторонами как

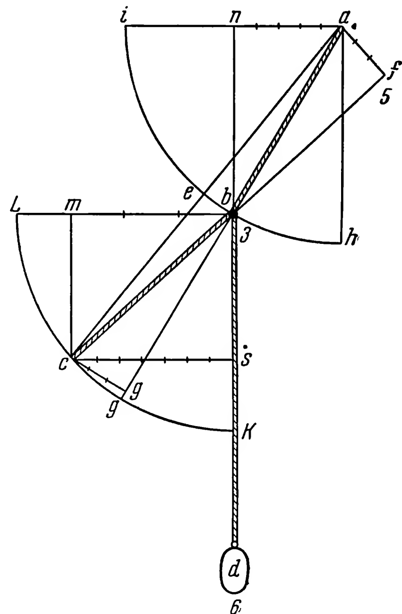


8, из которых на каждую сторону приходится по 4. Следует проверка.

Противорычаг *ab* составляет $^4/_7$ рычага *an*. Следовательно, 4 в *n* противится опусканию 7 в *b*. И вот поверка подтверждает истину первого положения, а именно: оба показывают, что сторона *ec* ощущает в *c* четыре из семи единиц, поддерживаемых углом соединения обеих сторон *ae* и *ce*.

При этом расположении веревок груз 7, находящийся в *e*, порождает единицу приобретенной тяжести для обеих сторон вместе (В. М., 11).

Здесь, по 5-му [положению] 7-й [книги], вес, передающийся веревке *ab*, уменьшается на половину своей тяжести, как доказывает линия *nb*, находящаяся в промежутке между *a* и *i*. Отсюда следует, что груз 6 превращается в 3 в *b*; и так как рычаг *af* составляет $^3/_5$ своего противорычага, получается обратная пропорциональность, т. е груз *b*, привешенный к противорычагу *na*, превращается в 3, а вес рычага становится равным 5 в *f*. Следовательно, 6 основной тяжести *d* ощущается веревкой *ab* как 5.

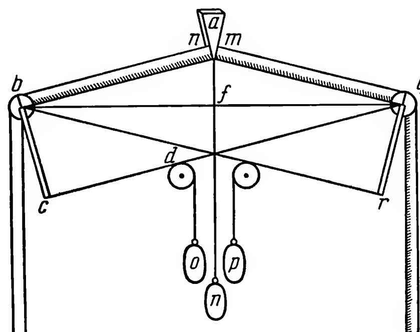


Тяжесть *d*, равная 6, которая, благодаря положению в *b*, превратилась в 3, ощущается веревкой *bc* как $2^1/_4$, ибо наклон ее занимает промежуток *mb*, составляющий $^3/_4$ от *lb*. Теперь, так как рычаг *cg* соста-

вляет $^3/_7$ своего противорычага *cs*, тяжесть *s* будет равна $^3/_7$ тяжести, ощущаемой *g*. Так как тяжесть *b* из 3 превратилась в $2^1/_4$ для веревки *cb*, мы скажем, что те же $2^1/_4$ появляются для веревки *ab*, и в ней появляется способность противостоять тяжести, от которой эти $2\ ^1/_4$ составляют $^3/_7$, т. е. тяжести, равной $5\ ^1/_4$. И вот груз 6, подвешенный в *b*, превращается для двух поддерживающих его веревок в $10\ ^1/_4$. И если бы эти веревки *ab* и *ac* имели свои концы *c* и *a*[15] на одинаковой высоте, то 6 единиц груза *d* превратились бы в 36, ибо высота *eb* содержится 6 раз в соответствующей ей стороне *ab* (В. М., 12).

Соединение рычага со своим противорычагом всегда бывает под прямым углом.

При подсчетах сил в машинах (potenzie macchinale) принимаются во внимание тяжесть и положение не их материальных частей, а только их потенциальных, т. е. математических линий.



Я хочу знать, какую тяжесть передает тяжелое тело частям, которые его держат, т. е. *mq* и *nb*. Я построю два потенциальных рычага *bc* и *qr*, которые будут соединяться под прямым углом с *bn* и *mq* в точках *b* и *q*. Затем я проведу прямую *bq* из *b* в *q* и в середине ее опущу отвесную линию *fn* из-под центра тяжелого тела *a*. Так я построю прямой угол *bfn* в точке *f*. Кроме того, я протяну подвес *cd*, под прямым углом соединяющийся с рычагом *bc*, и так получу рычаг *bc* с подвесом *cd* против потенциального противорычага *bf* с его подвесом *fn*.

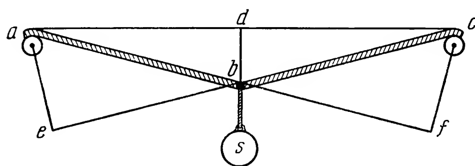
И если противник сказал бы, что этот противорычаг не потенциальный, а реальный (т. е. противорычаг *bn*), ответ ему основан

на 10-м [положении] этой [книги], где говорится: «Все подвесы, которые направлены к центру мира, соединяются под прямым углом с плечами весов, находящихся в горизонтальном положении»; и по вышеприведенному первому положению, всякое соединение подвеса с плечом рычага происходит под прямым углом. Это не может иметь места в случае, выдвигаемом противником, при соединении *bn* с подвесом *fn*. Следовательно, нашему требованию соответствует прямой угол *bfn* и т. д.

Здесь подсчитываются математические силы, а не реальные тяжести, т. е. тяжести инструментальных частей.

Подсчет. В том же отношении, в каком находится потенциальный рычаг *bc* и реальный [?] противорычаг *bf*, будут находиться сила угла *c* и сопротивление угла *f*. Следовательно, так как силы обратны, то *bc*, будучи вдвое меньше *bn*, будет иметь двойную силу для поддержания *bn*.

Сила, здесь изображенная, имеет сходство с изображенной выше. Но изображенная здесь считается с весом тяжелого тела, поддерживаемого веревкой *abc*, т. е. с естественным весом, называемым тяжестью, и с приобретенным весом, называемым силой, и научает отделять тяжесть от силы.



Такое действие веревки *abc* производят под горизонтальной линией *adc*, а на первом чертеже принимаются во внимание тяжесть и сила, которые отдает тяжелое тело *a* (или *n*) над горизонтальной линией *bfq* (линия эта соединяет обе балки *bn* и *mq*, поддерживающие тяжелые тела *a* и *n*).

Рычаг *ae* и потенциальный подвес *eb* всегда будут соединяться под прямым углом в точке *e*, на продолжении реального подвеса *bc*, т. е. если продолжить реальную веревку *cb* прямо, она встретит потенциальный рычаг *ae* в точке *e* под прямым углом, а потенциаль-

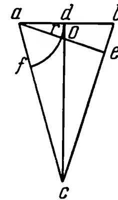
ный противорычаг рычага *ae* окажется на линии *ad*, кончающейся потенциальным подвесом *db* над реальным подвесом *bs*.

Подсчет. В том же соотношении, в каком находятся рычаг *ae* и противорычаг *ad*, находится и сила с тяжестью, но в отношении обратном, ибо противорычаг вдвое больше рычага. Следовательно, исчисление половины груза *s* будет произведено посредством потенциального рычага *ae* и потенциального противорычага *ad*, подвесы которых *ec* и *ds* полуреальны, как это видно здесь (В. М. 116об.).

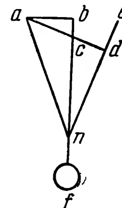
Там, где потенциальный рычаг находится в бытии, там и сила будет находиться в бытии. Сила будет тем большего превосходства, чем меньшей величины потенциальный рычаг.

Всегда сила рождается вместе с потенциальным рычагом и умирает при исчезновении этого рычага (Е, 60об.).

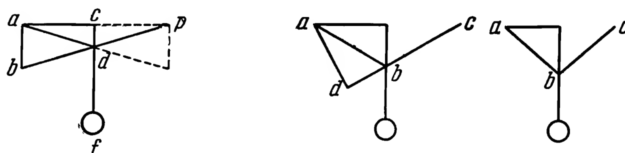
О тяжести и веревке. Сечение, произведенное под углом к основанию треугольника, окажется разделенным на неравные части высотою (assis) того же треугольника. Доказывается из определения круга. Пусть сечение *ae* произведено под углом к основанию *ab* треугольника *abc*; я утверждаю, что высота *dc* такого треугольника разделит это сечение на неравные части, а именно *ao* и *oe*, и разницу между ними *ro* показывает круг *drf*.



Если бы рычаг *ad* был вдвое больше соответствующего ему противорычага *ab*, то веревка *de* ощущала бы половину веса *f*; и это может произойти только в случае, если рычаг *da* займет горизонтальное положение, что невозможно, если подвесы *an* и *en*, совместно поддерживающие груз *f*, не станут параллельными друг другу.



Потенциальный рычаг *ab* будет тем меньше плеча соответствующего ему потенциального противорычага *ac*, чем более тупым станет угол, образованный обоими реальными подвесами *ad* и *pd*.



Для всех реальных тупых углов потенциальный угол оказывается внешним, как показывает тупой угол *abc*, для которого потенциальный угол *adb* является внешним.

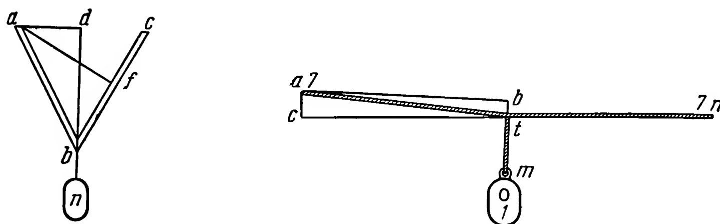
А если реальный угол — прямой, тогда потенциальный и реальный угол — одно и то же, как показывает угол *abc*.

Тяжести меняются в зависимости от перемены положения их подвесов (E, 61об.).

Потенциальный угол внутри реального никогда не имеет рычага, меньшего, чем противорычаг.

a — полюс коленчатого рычага *ad* и *af*, и *dn* и *fc* — подвесы.

Чем более ширится угол веревки, которая на середине своей длины поддерживает груз *n*, тем более уменьшается потенциальный

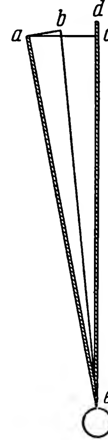


рычаг *af* и растет потенциальный противорычаг [*ad*], поддерживающий груз. *abc* — актуальная поддержка груза; *af* и *ad* — рычаг и противорычаг, они — потенциальные.

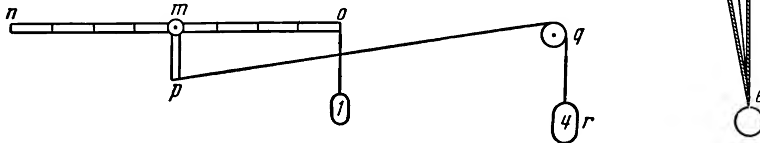
atnm — реальные поддержки груза *o*, а линии *ac* и *ab* — потенциальный рычаг и противорычаг груза *o*; полуреальные подвесы

cn и *bm* — те, из которых один соединен с потенциальным рычагом [*ac*] и другой — с потенциальным противорычагом *ab*.

Противорычаг *ab* никогда не может претерпевать изменений от какого-либо возможного изменения угла, образуемого реальной веревкой *atn*, и никогда рычаг *ac* не может иметь постоянной длины при изменении выше указанного угла *atn*, но будет становиться тем меньшим, чем бóльшим становится угол *atn*.



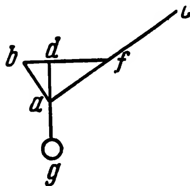
Эта четвертая фигура изображает реальный [рычаг и противорычаг] *mpo*, который во второй фигуре был потенциальным *acb*; но так как реальный имеет вес, а потенциальный его не имеет, я



здесь добавляю плечо *mn* в качестве противовеса для плеча *mo* (E, 65).

Т я ж е с т ь. Груз, подвешенный в углу веревки, распределяет тяжесть между этими частями веревки в таком отношении, которое равно отношению между углами, образуемыми названными частями веревки и центральной линией тяжести.

Д о к а з а т е л ь с т в о. Пусть угол названной веревки *bac*, и в нем подвешен груз *g* к веревке *ag*. Пересечем этот угол по горизонтали линией *fb*; затем проведи отвесную линию через вершину угла *a*, которая непрерывно будет совпадать с линией *ag*. И каково отношение между пространством *df* и *db*, таково отношение между тяжестью, ощущаемой веревкой *ba*, и тяжестью, ощущаемой веревкой *fa* (E, 66об.).



О т я ж е с т и. Если две веревки, встречаясь, вместе держат груз и одна из них вертикальная, а другая наклонная, то эта наклонная не держит никакой части этого груза.

Но если две наклонные веревки, встречаясь, вместе держат груз, то отношение между тяжестями будет равно отношению между наклонами.

Если веревки спускаются с одной и той же высоты, но с разными наклонами, держа груз, то отношение между приобретенными тяжестями, передающимися таким веревкам, равно отношению между длинами этих веревок (E, 70).

Сферическое тело, которое будет подвешено в поперечно расположенных, друг против друга, точках подвеса, будет отдавать одинаковые части своей тяжести своим поддержкам (С. А., 321 а).

О стержне, подвешенном на двух нитях

Если две веревки будут поддерживать стержень за оба его конца, то его тяжесть равномерно распределяется между этими веревками.

Если одна из веревок будет передвинута от конца стержня к его середине, то отношение между убылью тяжести, облегчающей веревку на одной стороне, и тяжестью, остающейся на противоположном конце, будет такое же, каково отношение между выступающим концом стержня и той его частью, которая заключена между обеими веревками (С. А., 138об. а).

Если одна веревка передвигается в сторону другой по существу (in essenzia), то последняя перемещается в сторону первой по силе (in potenzia).

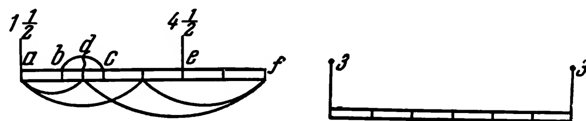
Чем больше одна веревка передвигается в сторону центра стержня, тем больше тяжести она берет у другой веревки (С. А., 185 а).

1. Стержень, который за свои концы подвешен на двух веревках, равномерно распределяет свой вес между этими веревками.

2. Но чем более одна из веревок передвигается к середине стержня, тем более приобретается веса у стержня, нагружается <...>.

3. Вес стержня, заключенного между веревками, распределяется между передвигаемой веревкой и неподвижной в таком же отношении, каково отношение убыли первоначального интервала веревок к получившемуся остатку (С. А., 101 а).

Между тяжестью, которая уходит от неподвижной веревки, и тяжестью, которая раньше передавалась веревке, испытавшей передвижку, будет такое соотношение, как между частью стержня, выступающей за одну из веревок, и остальной его частью, заключенной между обеими веревками.

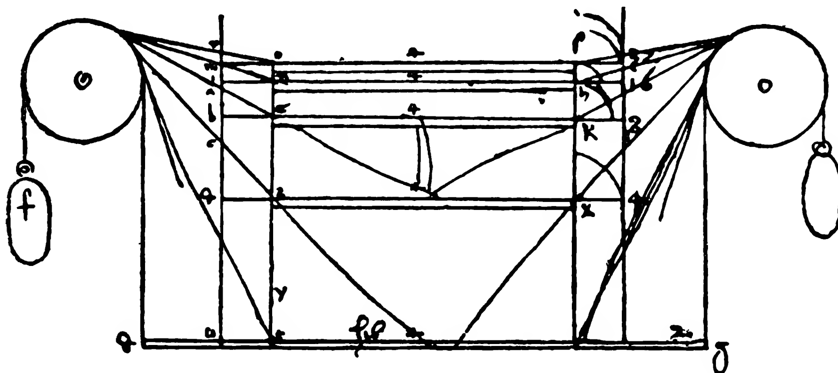


То, что выше предложено, легко доказывается, ибо если ты посмотришь при испытании, приведенном выше, на стержень, выступающий за одну из веревок, то найдешь, что он содержится два раза в длине стержня, заключающейся между обоими веревками. И так же обстоит с тяжестью, уходящей от веревки на краю стержня и присоединяющейся к тяжести у передвинутой веревки. В самом деле, когда две веревки были привязаны на концах стержня и стержень весил 6 фунтов, то каждая из них держала 3 фунта. Когда же затем одна из веревок была передвинута к середине, то ты видел, что та, которая остается неподвижной на конце стержня, разгружается от половины своей прежней тяжести, ибо если она первоначально держала 3 фунта, то теперь она держит только $1^1/_2$, что составляет половину от 3. И кажется, что природа в этом случае применяет одинаковые движения, ибо если движение, совершенное веревкой от конца стержня к середине, содержится, как ты видишь, два раза в остальной части этого стержня, то равным образом и тяжесть, которая уходит от веревки, привязанной на противоположном конце стержня, и прибавляется к тяжести у той веревки, которая передвигается к середине стержня, равным образом и эта тяжесть также содержится два раза в тяжести, которую эта веревка поддерживала раньше (С. А., 101 а).

Груз, т. е. балка. Там, где веревка, на которой она подвешена, отходит от нее под прямым углом, там на эти веревки никогда не

будет приходиться больше тяжести, чем тяжесть поддерживаемой ими балки.

А когда веревки будут отходить от подвешенной на них балки под более острыми углами, они будут поддерживать тем бо́льшую тя-



жесть по сравнению с тяжестью балки, чем меньше, по сравнению с прямыми, будут острые углы, образованные направлением балки и направлением веревки.

Отношение между грузом f, поддерживающим конец балки dg, и тем грузом, который поддерживает конец балки sx, будет таково, каково отношение между углом s треугольника cds и прямым углом t и так далее, для одного угла за другим.

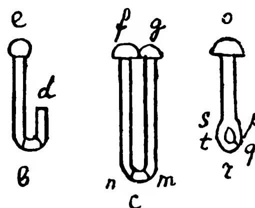
Скажем к примеру, что балка dg равна 4 единицам тяжести; ясно, что 2 из них приходятся на d — прямой угол, а 2 приходятся на противовес в f. Теперь я хотел бы дать столько тяжести f, чтобы эта балка поднялась до ol. Тогда поступи так: посмотри, сколько раз угол o содержится в прямом углу t; он содержится 16 раз, следовательно, 32 единицы тяжести в f будут уравновешивать этот конец o (С. А., 274 b).

Та балка, которая будет укреплена на одном своем конце и подвешена на веревках разной длины, всегда будет передавать одинаковую часть своего веса каждой из двух веревок, если они проходят перпендикулярно к месту, в котором она прикреплена (С. А., 273 a).

Если тело, имеющее удлиненную форму, однородную толщину и однородный вес, подвешено за свои концы на двух веревках, прикрепленных на концах равных плеч рычага, рычаг останется в горизонтальном положении, несмотря на разную длину веревок. Причина та, что если ты проведешь отвесно линию, проходящую под центром рычага, то эта линия пройдет также через центр подвешенной тяжести (G, 7об.).

О прочности скобок

С и л а. Я спрашиваю, будет ли груз лучше поддержан двумя парными скобками, изображенными в *fcg*, или одной, изображенной в виде *ebd*. Я утверждаю, что раньше разогнется десять крючков, обозначенных *ebd*, чем сломается одна парная скоба. Докажу я это на опыте при помощи железной проволоки одинаковой толщины, ибо нетрудно понять без уподоблений, что железную проволоку легче согнуть, чем разорвать. Если нижняя часть *b* крючка будет нагружена чрезмерным весом, то его точка укрепления *e* будет сопротивляться, но конец *d*, не будучи укреплен, покорится стремлению груза и вместе с ним направится к земле. Нижняя же часть *c* парной скобы держится, благодаря *fgnm*, и не может сдвинуться, если только поддержки не сломаются; притом нижняя часть *c* нагружена не только в середине, но по всей своей поверхности, и не может разделиться одним единственным разделением; напротив, необходимо, если поддержки одинаково крепки, чтобы эта нижняя часть разломилась в двух местах, именно в *n* и *m*. Железная петля *or* не сможет сломаться ни в *r*, ни в боковых частях кольца *pq* и *rs*, ибо каждая из этих боковых частей ощущает вполовину меньше тяжести, чем пространство между *p* и *o*, почему петля сломается между *o* и *p* (С., 7об.).



О равновесии на наклонной плоскости

Более вертикальное или менее вертикальное (diretto) означает менее пологое или более пологое (obbliquo), а более или менее пологое означает менее или более вертикальное; и я даю определение этих слов, ибо иногда употребляется одно, а иногда другое.

Более пологая (или менее пологая) есть та прямая линия, которая при соединении своего верхнего конца с верхним концом вертикальной линии имеет нижний конец более удаленным от нижнего конца [вертикали и наоборот].

Из прямых линий, которые начинаются внизу с одного уровня и сходятся наверху в одной точке, та будет более или менее пологой, которая больше или меньше отдаляется от вертикальной линии.

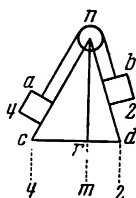
Тем труднее подниматься тяжести вверх, чем менее пологим будет движение.

Подниматься тяжести вверх настолько же труднее, насколько легче ей опускаться вниз.

Следовательно, по первому [положению] высшая трудность и высшая легкость — на одной и той же линии, и это есть вертикальная линия.

Средняя пологость есть такая, которая находится посредине между одинаковым количеством больших и малых пологостей (C. A., 375 b).

Если грузы *a* и *b* не толкают к центру мира, будучи разъединены как они есть, то их совокупность стремится к этому центру мира, как показывает нам центральная линия *nm*, проходящая в соответствии с отношением грузов 2 и 4 и в соответствии с отношением между основаниями треугольников 2 и 4. Однако положение этих грузов не имеет пропорциональных друг другу расстояний, ибо при одних и тех же наклонах один груз может находиться высоко, а другой низко, и при таком положении их, разном по высоте, отношение между тяжестями, равное 2 : 1, не изменится (G, 77об.).



Равенство наклонов сохраняет равенство грузов.

Если соотношения грузов и наклонов, на которых они лежат, будут равными, но обратными, то эти грузы останутся равными по тяжести и по движению (С. А., 354об. с).

Здесь, хотя подвешенные тела одинаково отстоят от центральной линии полюса, тем не менее, хотя они и равны по весу, они покажутся вдвое тяжелее один другого, и возникает это от большего сопротивления, которое встречает *n* по сравнению с *m* (С. А., 137об. а).

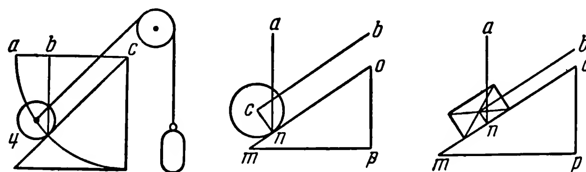
Тяжесть *ab* будет для весов такая же, как и тяжесть *cd* (Н, 81об.).

Груз *q*, по причине прямого угла *n* над *df*, в точке *e* весит $^2/_3$ естественной своей тяжести, которая была 3 фунта, т. е. остается с силой в 2 фунта; и груз *p*, который был также в 3 фунта, остается с силой в 1 фунт в точке *g* по причине прямого угла *m* над линией *hd*; следовательно, имеем здесь 1 фунт против 2 фунтов.

И по причине наклонов *da* и *dc*, на которых эти грузы находятся и которые не стоят друг к другу в том же отношении, в каком стоят эти грузы, т. е. не являются один вдвое больше другого, их тяжести меняют природу. Ибо пологость *da* превышает пологость *dc*, иначе говоря, содержит пологость *dc* два с половиною раза, как показывают их основания *ab* и *bc*; получается отношение $2^1/_2 : 1$, а отношение между грузами равно $2 : 1$.

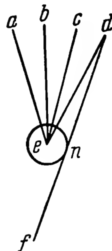
Итак, избыток большей пологости по сравнению с меньшей равен $1^1/_2$; и если грузы с той и другой стороны будут, допустим, равны 3, то в *da* останется ⟨...⟩ (V. U., 4).

Тяжесть тела, находящегося на наклонной плоскости, всегда распределяется между своими поддержками, т. е. веревкой, которая не



дает ему опускаться по наклону, и наклонной плоскостью, которая не дает ему опускаться ниже подвеса этой веревки.

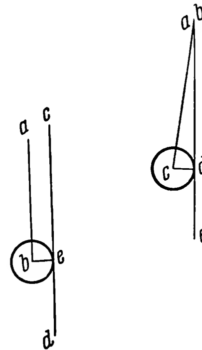
О тяжести, которую веревка держит на наклонной плоскости, всегда следует судить по пересечению линии, идущей из центра тяжести груза, с линией указанной наклонной плоскости; угол между ними всегда прямой (B. M., 2об.).



О положении подвеса тяжелого тела, помещенного в наклонном положении. Без сомнения, линия или подвес *ae* держит всю тяжесть *e*, что не может сделать подвес *be*; и еще меньше держат подвесы *ce* и *de*; и тяжесть, отсутствующая в каждом из этих подвесов, разгружается на наклон *dfn*.

П е р в о е о п р е д е л е н и е. Когда линия подвеса груза будет параллельна линии наклонной плоскости, соприкосновение сферического тяжелого тела будет происходить под прямым углом, т. е. радиус такого сферического тела образует прямой угол с линией наклонной плоскости.

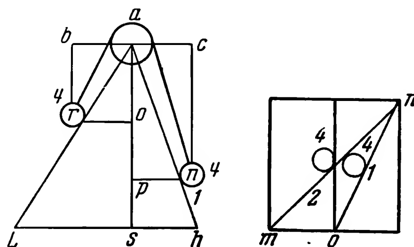
Л у ч ш е е о п р е д е л е н и е. Когда прямая линия, проходящая через подвес и кончающаяся в центре сферического тяжелого тела, поддерживаемого этим подвесом, будет соединяться под прямым углом с радиусом этого сферического тела, который простирается от центра этого тела до точки соприкосновения его с наклонной плоскостью, на которую это тяжелое тело опирается, тогда наклонная плоскость ощущает столько от простой естественной тяжести, сколько тяжелое тело ему дает.



Если этот прямой угол сделается острым, например, как *acd*, то тяжелое тело разгружает часть естественной и часть приобретенной тяжести на эту наклонную плоскость, какую — об этом будет сказано в своем месте. Если же этот угол тупой, приобретенная тяжесть уничтожается и естественная тяжесть становится легче на означенной наклонной плоскости (E, 76об.).

В о п р о с о т я ж е с т я х. Всегда ли равные грузы, помещенные на равных плечах весов и равно отстоящие от центральной линии точки опоры весов, окажутся одинаково тяжелыми? Ответ: нет. Доказывается на основании 2-го [положения] этой книги, которое гласит: «Из равных грузов тот оказывается меньшей тяжести, который находится в более пологом положении». Так что если линия *al* вдвое более полога, чем наклон *ah*, то четыре единицы тяжести, поддерживаемые *b*, теряют 2 и на тяжесть остается 2. Но ты должен понять, что эти четыре не находятся на наклоне, на котором они должны терять половину своей тяжести, ибо если бы они

должны были терять половину, было бы необходимо, чтобы этот наклон был средним наклоном, т. е. наклоном диагонали квадрата, делящей пополам прямой угол, образованный двумя сторонами,



как это видно на примере *mn*. Но поскольку такой наклон воспринимает от 4 тяжесть в единицу, то остальное приходится на подвесы *ar* и *an*, или *br* и *cn*, хотя второй груз и держит отвесные нити *br* и *cn* посредством наклонных *ar* и *an* (E, 77).

О вертикальных опорах[16]

Если веревка, длиной в локоть, выдерживает сто фунтов, то сколько фунтов выдержит веревка такой же толщины, но длиной в сто локтей? (A, 5).

Если веревка выдерживает сто фунтов, то сколько выдержат десять таких веревок, крепко скрученных вместе?

Если деревянная опора выдерживает сто фунтов, сколько выдержат десять таких деревянных опор, крепко связанных вместе? (A, 6).

О б о п о р а х. Много небольших, соединенных вместе опор способны выдержать груз больший, нежели каждая порознь[17]. 1000 подобных стоек одинаковой толщины и длины, будучи разъединены друг от друга, подогнутся, если поставить их стоймя и нагрузить общим грузом. И если свяжешь их вместе веревками так, чтобы

они соприкасались друг с другом, они будут способны нести груз такой, что каждая отдельная стойка способна выдерживать в 12 раз больший груз, чем раньше.

Опоры. Если из двух отдельно стоящих колонн каждая в состоянии выдержать нагрузку в 1000 фунтов, то при их соединении они выдержат 3000 фунтов.

О давлении груза. Невозможно, чтобы подпора однородной толщины и крепости, будучи нагружена, стоя отвесно, грузом, равноотстоящим от ее центра, могла когда-либо подогнуться и переломиться, хотя она вполне может уйти вглубь. Но если чрезмерный груз оказывается помещенным на одной части подпоры более, чем на другой, подпора погнется в ту сторону, где будет испытывать наибольшее давление от наибольшей тяжести, и переломится на середине противоположной стороны, т. е. в той части, которая наиболее удалена от концов (A, 3об.).

Опора с вдвое бóльшим поперечником выдержит в 8 раз больший груз, чем первая, будучи одинаковой высоты.

Это обнаруживается вполне ясно, ибо если первая опора, имеющая в высоту 8 поперечников, выдерживает 100, то вторая, вчетверо бóльшая по площади своего основания, содержит в себе 4 такие опоры. И если бы эта вторая имела в высоту также 8 поперечников, она выдерживала бы вчетверо больший груз, чем прежний. Но так как она, имея в высоту 4 поперечника, имеет относительную высоту вдвое меньшую, то увеличивает во столько же раз свою силу. Следовательно, если опора, имея толщину [площадь сечения] вчетверо бóльшую, чем первая, выдерживает вчетверо бóльший груз, то, благодаря удвоенной силе, она выдерживает еще столько же, что в итоге дает 800 фунтов (A, 47).

Всякая опора оказывает тем большее сопротивление положенному на нее грузу, чем более соединены между собой и крепки ее части.

И всякая часть, которая будет отъединена от опоры однородной толщины по всей ее высоте, станет настолько более слабой[18]

сравнительно с тем, какой она была в соединении, насколько большее число раз ее поперечник будет содержаться в ее высоте сравнительно с тем числом раз, какое прежний поперечник содержался в высоте цельной единой опоры.

Пусть, скажем, имеется четырехгранный столб, высотой в 10 равных частей и толщиной в одну, и пусть он оказывает сопротивление 320 фунтам груза. Я хочу разделить его по длине на 16 равных частей; до деления на каждую приходилось по 20 фунтов, ибо 16 на 20 дает 320; а когда части будут разъединены и обособлены друг от друга, ты увидишь, что каждая из них относительно станет настолько тонкой, что ее ширина будет содержаться на $^3/_4$ больше раз в ее высоте, чем раньше, когда столб был цельным. Ведь раньше ширина содержалась 10 раз в высоте, а теперь ширина содержится 40 раз, т. е. отношение и сила изменились на $^3/_4$. И если раньше, входя в состав целого, столб оказывал сопротивление 20 фунтам, то теперь он будет сопротивляться не более чем 5; ведь 16 раз 5 дает 80[19]. Так что с первой объединенной силы сбавляется ровно 240 фунтов[20].

Чем более части опоры, разъединенные по длине, становятся более слабыми в сравнении с соединенными вместе, тем более части опоры, разъединенные в поперечном направлении, увеличивают свою силу. Например, четырехгранный столб в 9 локтей оказывает сопротивление 900 фунтам. Я хочу сделать из него 9 частей и подвергнуть их действию груза, который нагрузит их в меру их сопротивляемости. Я утверждаю, что по правилу, приведенному выше, каждый кусок выдержит настолько больше по сравнению с прежним, насколько он ниже; и если он укорочен на $^8/_9$ своей высоты, то у него возросло на $^8/_9$ силы. И если раньше он выдерживал 900 фунтов, ты скажешь: 8 раз 900 составляет 7200, а так как имеется 9 кусков, то 9 раз 7200 составляет 64 800 (A, 46).

Всякая опора, стоящая в удвоенном отношении к другой, меньшей, будет выдерживать вдвое больше груза, чем меньшая, если та и другая сама по себе цельная и крепкая.

Причина этого ясно видна, ибо хотя одна колонна по величине вдвое больше другой, меньшей, и хотя кажется, что сдвоенность дает бо́льшую силу, нежели сила каждой в отдельности, тем не менее колонна растет и в высоту; вес этой добавочной высоты и длина, которая колонну ослабляет [наряду со сдвоенностью],— все эти противоположности вместе взятые приводят к тому, что при всем значении единства колонна выдерживает лишь вдвое больше тяжести, чем меньшая, что точно подтверждается опытом.

Из всех опор одинакового материала и толщины та, которая короче, будет выдерживать на столько больший груз по сравнению с более длинной, на сколько она короче по сравнению с более длинной.

Хотя невозможно с полной определенностью показать на числах, каков прирост тела, имеющего удвоенный объем по сравнению с другим, но все-таки можно несколько приблизиться к истине. Я нахожу, что его прирост составляет $^2/_5$ всей величины меньшего как по высоте, так и по диаметру. И если из двух колонн одна облекает другую и диаметр увеличивается на $^2/_5$ первоначальной величины, а отношение [между высотой и диаметром соответственно] уменьшается на $^2/_5$, то сила этой опоры будет на $^2/_5$ больше. И ты скажешь так: если первая колонна выдерживает 100 фунтов, а вторая, вдвое бо́льшая, выдерживает их 200 и коль скоро она не растет на $^2/_5$ по высоте так, как растет по толщине, то она имеет на $^2/_5$ больше силы, чем если бы она имела ту же относительную высоту, что и меньшая колонна. А так как она на $^2/_5$ сильнее цельной, способной выдерживать 200, она прибавляет $^2/_5$ от 200, т. е. 80[21]. Эти 40 добавь к 200, и скажи, что 240 будет сопротивление вдвое большей цельной колонны.

Если первая опора соединена со второй, не облекая ее, они выдержат ту же самую тяжесть в точности, что и раньше. Причина заключается в следующем: если четырехгранный столб соединен с другим, то хотя величина отношения [высоты к ширине] уменьшается на большей грани вдвое, но на одной грани остается прежняя слабость, и если первая опора выдерживала 100, то обе в этом сочетании выдержат не свыше 200 (А, 46об.).

Из опор одинакового материала и толщины та будет наибольшей крепости, длина которой самая короткая. Если ты поставишь отвесно опору одной толщины и из одного материала, выдерживающую груз, равный 100, и затем отнимешь $^9/_{10}$ высоты, то найдешь, что остаток ее, поддерживаемый у своих концов, выдержит 1000...

Далее, если ты 100 опор одинакового качества поставишь стоймя врозь, из коих крепость каждой выдерживает груз в единицу, то ты найдешь, если они будут совершенно плотно соединены друг с другом, что каждая выдержит груз 100. И это происходит оттого, что получающаяся совокупность связанных опор, помимо того, что умножилась на 100, имеет и в 100 раз более низкую форму, нежели форма одной опоры (С. А., 152 b).

Столб, толщина которого будет увеличена, возрастет в своей силе на столько, на сколько его высота станет меньше в сравнении с высотой, увеличенной в той же пропорции, что и толщина. Пример: если столб должен иметь в высоту 9 толщин, то, если он имеет в толщину локоть, высота его должна быть 9 локтей по условию; если ты соединишь вместе 100 таких столбов, столб получится толщиною в 10 локтей и высотою в 9. И если первый столб выдерживал 10 000 фунтов, то второй, имея высоту примерно равную толщине, благодаря убыванию длины на 8 частей, выдержит груз, на восьмикратную величину больший прежнего. Иначе говоря, всякий объединенный столб будет выдерживать груз на восьмикратную величину больший, чем выдерживает столб разъединенный, т. е. если первоначальный выдерживал 10 000 фунтов, то этот выдержит 90 000.

Например, если ты возьмешь тростинку, по высоте равную 100 толщинам, поставишь ее вертикально и положишь на нее одну унцию груза, то она выдержит его. Свяжи затем 100 тростинок вместе сплошной связью. Эти тростинки составят тело, высота которого содержит его толщину 5 раз[22]. И столько раз, сколько 5 содержится в 100, во столько раз больший груз это тело будет выдерживать сравнительно с тем, какой оно выдерживало, имея высоту равную 100 толщинам. И так как 5 содержится 20 раз в 100, то каждая тро-

стинка, благодаря такому связыванию, будет выдерживать в 20 раз больше груза, чем раньше, т. е. если она раньше выдерживала одну унцию, то теперь будет выдерживать 20.

Если дротик, длина которого равна 100 его толщинам, выдерживает 20 фунтов, сколько выдержит длина того же дротика, равная 5 толщинам? Сколько раз 5 содержится в 100, во столько раз меньше выдержит стержень в 100 толщин по сравнению со стержнем в 5 толщин (А, 48об.).

О тяжестях (De ponderibus). Если груз в один фунт заставляет стойку углубляться в глину на одну унцию, то насколько груз в 2 фунта заставит углубляться другую подобную стойку в ту же глину и в то же время? Сделай испытание (pruova) таким образом. Возьми кусок стержня и перепили его в середине, как можно точнее; затем при помощи воска уравновесь обе эти половины на весах, прибавляя воску к той половине, которая меньше весит; затем возьми глину, из которой делают кубки, и обработай ее размешиванием, сделав равномерно мягкой и нежной; затем выравняй ее, утрамбовав на плоском месте, и возьми оба куска стержня. Поставь их вертикально так, чтобы они касались глины теми концами, которые раньше были соединены, т. е. теми, которые пила разъединила, ибо концы должны иметь равную толщину. Закрепи их сверху, пропустив их через два одинаковых отверстия в тонкой доске и взяв нить более толстую, чем толщина стержня; затем нагрузи их, одну грузом в фунт, а другую грузом в 2 фунта и оставь их стоять час, внимательно наблюдая за ними; затем вынь их одновременно и измерь углубления, произведенные ими. Но раньше, чем ты выведешь из этого случая общий закон, произведи испытание два или три раза и посмотри, дают ли испытания одинаковые результаты.

Опыт сделаешь таким образом. Возьми два железных прута, которые были вытянуты на вытяжном станке квадратного сечения, и закрепи один из них внизу двумя закрепами, и сверху нагрузи его каким-нибудь грузом. Заметь точно, когда прут начинает гнуться, проверь отвесом и заметь, при каком грузе это сгибание бывает.

Затем удвой железный прут, обмотав оба тонкой шелковой ниткой, и увидишь на опыте, что этот опыт подтверждает мои рассуждения. И сходно повтори опыт, учетверив и т. д. по усмотрению, всякий раз перевязывая редкими оборотами шелковой нити (А, 47).

Середина высоты опор испытывает больший натиск и более одолевается силой налегающего груза, расположенного на них, нежели любая другая часть этих опор.

Это доказывается на опыте. В самом деле: если ты возьмешь 3 куска дерева одинаковых пропорций и расположишь их по треугольнику, т. е. широко внизу и тесно вверху, и нагрузишь их такой тяжестью, чтобы она заставила их согнуться, то увидишь, что середина начнет сгибаться первая. Причина та, что тяжесть, помещенная сверху, проходит через всю опору и имеет свои границы столько же в основании, сколько и наверху; и поскольку, как сказано было выше, тяжесть находится вся во всей опоре и вся в [любой] части этой опоры, и та часть, которая является более слабой, оказывает ей меньше сопротивления, постольку та часть может быть названа более слабой, которая более отдалена от неподвижных точек (fermamenti), т. е. середина, одинаково отстоящая от неподвижных концов, одного — где находится груз, другого — где находится земля. И если ты натянешь нить в виде тетивы лука, неподвижную на обоих своих концах, то ты можешь сказать, что та часть этого куска дерева, которая наиболее удалена от нити, наиболее слаба и она является серединой.

Та опора, отвесная линия которой проходит вне центра лежащего на ней груза, согнется в сторону большей части этого груза.

Это также доказывается разумом и подтверждается опытом. Разум нас понуждает следующим образом, а именно: если ты нагрузишь опору, отвесная линия которой будет расположена так, что центр этой опоры окажется под центром груза, то опора скорее уйдет в землю, чем согнется, ибо все части груза соответствуют частям сопротивления.

Невозможно, чтобы опора, отвесная линия которой проходит так, что центр опоры оказывается под центром лежащего на ней груза,

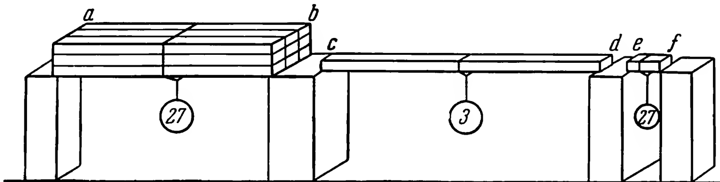
невозможно, чтобы такая опора могла когда-либо согнуться, скорее она уйдет в землю своим основанием.

Смысл предложения заключается в том, что часть опоры, которая оказывается под центром груза, становится как бы осью этого груза; а если это так, то здесь находится почти вся сила. И коль скоро та часть опоры, которая становится осью, не окружена и не защищена равномерно всей толщиной опоры, сгибается та часть ее, которая является более слабой (A, 45об.).

О горизонтальных балках

Если одна балка выдерживает тысячу фунтов, то сколько выдержат четыре балки, положенные одна над другой? (A, 5).

Ту же силу и сопротивление ты найдешь в сочетании из 9 балок однородного качества, что и в $^1/_9$ одной из них. Пусть *ab* выдерживает



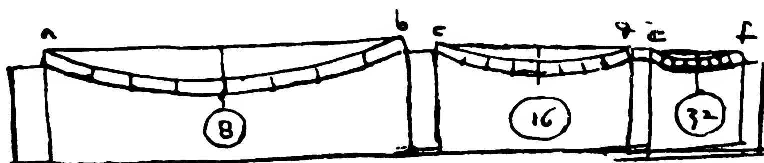
27 и состоит из 9 балок, тогда *cd*, составляя $^1/_9$ их, выдерживает 3. Если взять *ef*, составляющую $^1/_9$ длины *cd*, то она выдержит 27, так как короче ее в 9 раз.

Из указанного свойства названного отношения вытекает, что если тело *B* находится в таком отношении к *A*, то оно оказывает равное сопротивление (C. A., 152 b).

Опора одинаковой толщины, с одинаковыми углами и сторонами, длина которой содержит десятикратную ее толщину, будучи поставлена вертикально, выдерживает 1000. Положенная горизонтально, она выдержит 100 000.

Ты знаешь, что если означенная опора, стоя вертикально, выдерживает 1000, то $^1/_{10}$ ее высоты выдерживает 10 000; следовательно, когда она положена горизонтально, то, поскольку в ней содержится десять указанных опор квадратного сечения (что явствует из длины ее), они выдержат на себе в 100 000 раз больший груз, нежели первоначальный (С. А., 152об. b).

Опыты с железными проволоками и колотушками (maglietti). Если *ab* под влиянием груза 8 по-



лучает прогиб, равный $^1/_8$ своей длины, то *cd*, если она будет, как я полагаю, двойной крепости по сравнению с *ab*, не будет прогибаться на $^1/_8$ своей длины под влиянием груза меньшего, чем 16, ибо она имеет длину вдвое меньшую, чем *ab*; также *ef*, составляя половину длины *cd*, будет вдвое крепче и опустится на $^1/_8$ своей длины под влиянием груза в 32.

Здесь следует принять во внимание, что балка *cd*, обладая крепостью вдвое большей, чем *ab*, не будет прогибаться на $^1/_8$ своей длины под влиянием груза вдвое большего, чем груз 8, а будет прогибаться ровно на $^1/_{16}$ (С. А., 332 b).

Я нашел, что стержень в 12 локтей, если к нему подвесить в середине 1 фунт груза, получит прогиб в 1 локоть, и я хочу знать, какой груз потребуется стержню в 6 локтей такой же толщины, чтобы создать тот же локоть дуги.

Стержень в 6 локтей вдвое крепче в середине, чем 4 стержня в 12 локтей такой же толщины, связанные вместе.

Если бы все эти грузы были подвешены вместе к этому стержню, какую кривизну он получил бы? И какие грузы надо одновременно

подвесить в каждом из этих мест, чтобы этот стержень сохранил ту же кривизну?

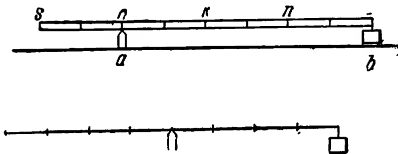
В стержне, который будет закреплен одним из своих концов, а противоположным концом опишет и произведет при своем опускании $^1/_{12}$ окружности, все ступени опускания окажутся равными, если они производятся равными грузами. В стержне *abc*, до тех пор пока своей кривизной он не достигнет $^1/_6$ окружности, ступени опускания до данной кривизны, проходимые равными грузами, будут также равны между собой.

Я хочу подвесить груз в середине горизонтального стержня и хочу сохранить в нем ту же кривизну,распределяя этот груз по 5 разным местам стержня, постоянно приближая груз к одному из концов и постоянно удваивая предшествующий груз, хочу найти точно положение каждого груза, сохраняющее стержень в его первоначальной кривизне.

Мне достаточно увидеть груз, при помощи которого ты, подвешивая его в середине горизонтального стержня, даешь этому стержню определенную кривизну; затем тронь стержень там, где тебе заблагорассудится, и я тебе скажу, какой груз нужно подвесить в этой части, чтобы придать этому стержню такую же кривизну.

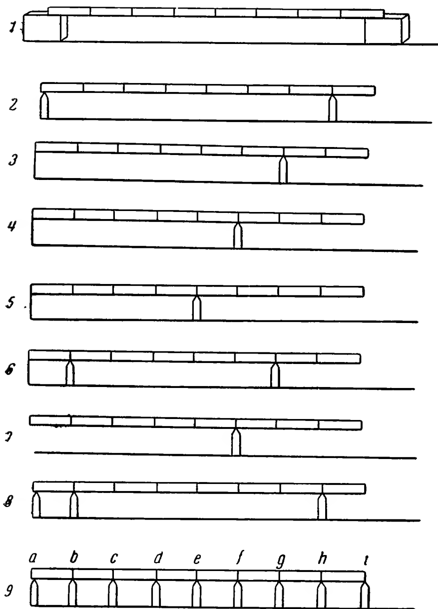
Пропорция крепости будет такова, какова пропорция длин (С. А., 211 b).

Пятнадцатое предложение о тяжестях. Одна опора будет иметь на себе тем меньше тяжести по сравнению с другой, чем более она удалена от центра этой тяжести и чем меньше тяжесть, выступающая за вторую опору.



Пусть более удаленная опора — *b*, более близкая —*a*, а центр вышеназванной тяжести *k*; я утверждаю, что если тяжесть, помещенная на двух опорах, равна 8 фунтам, то *b* поддерживает 1, а *a*—5. Ты мог бы мне сказать, что здесь не хватает

2 для того, чтобы получить названные 8 фунтов. На это можно ответить и доказать, что между опорами *a* и *b* находится 6 фунтов, из них 3 приходится на опору *a* и 3 на *b*; а 2 части, именно *s* и *r*, выступающие за опору кнаружи, образуют противовес к той части, которая находится между *a* и *b*, отчего и получается облегчение на 2 фунта.



Удар, производимый одним и тем же движением, будет сильнее около середины палки, нежели у конца. Доказано в 15-м положении о тяжестях (С. А., 316об. b).

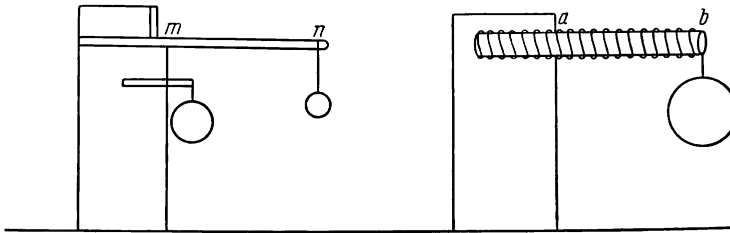
На каждую приходится $^1/_9$; отними одну от конца, — предпоследняя будет иметь $^2/_9$, а противоположная разгружается. Дальше я не распространяюсь, так как эта тонкая материя требует более тонкого рассмотрения и тщательного размышления (С. А., 268об. b).

De ponderibus. Подвешенное тело. Груз, подвешенный сверху и висящий на веревке или поддерживаемый снизу балками, концы которых укреплены в разных положениях, будет отдавать тем бóльшую часть своей тяжести одной по сравнению с другой, чем ближе к отвесной линии, проходящей через центр груза, будет точка опоры одной по сравнению с другой (А., 47об.).

Во всякой подвешенной вещи, способной гнуться, если вещь эта имеет везде одинаковую толщину и состоит из однородного вещества,

та часть, которая более удалена от своих опор, больше опустится, отклоняясь от своей первоначальной прямизны (А, 47об.).

Если дротик в 2 локтя выдерживает 10 фунтов, то стержень той же толщины в 1 локоть выдержит 20, ибо сколько раз короткий стержень содержится в длинном, во столько раз больший груз выдерживает по сравнению с длинным.



Если стержень, выступая из стены на 100-кратную свою толщину, выдерживает 10 фунтов, сколько выдержат 100 таких стержней, выступающих на такую же величину, если их связать и соединить вместе?

Я говорю: если 100 толщин выдерживают 10 фунтов, то 5 толщин выдержат в 20 раз больше[23], чем 100 толщин; и если *ab* имеет 5-кратную толщину и всех стержней 100, то они выдержат 20 тысяч (А, 49).

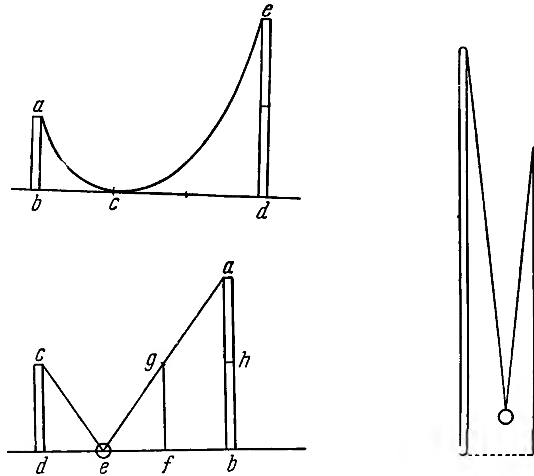
П р а в и л о   п о п е р е ч н ы х   о п о р,   н е п о д в и ж н ы х   в   м е с т е   с в о е г о   у к р е п л е н и я. Опора *nb* будет оказывать такое сопротивление в *n*, какое опора *cd* оказывает в *c*. Причина та, что опора *cd*, имеющая по толщине вдвое больший поперечник по сравнению с верхней опорой *ab*, является по 5-му положению в 4 раза более толстой, чем эта опора *ab*; и потому на одинаковом расстоянии от места их неподвижного укрепления она выдерживает в 4 раза больший груз.

Но половина опоры *ab*, т. е. *nb*, будет в *n* выдерживать столько же, сколько *c*,— конец опоры *cd*; ведь если поперечник толщины одной содержится 20 раз в длине ее[24], то и другая имеет такую же пропорцию, и потому они оказывают одинаковые сопротивления одинаковым грузам (С. А., 86об. а).

П р е д л о ж е н и е. Самая низкая точка дуги, которую образует веревка, более длинная, чем расстояние между стойками и находящаяся на своих концах на разной высоте, будет касаться земли ближе к меньшей стойке во столько раз, сколько раз меньшая высота содержится в большей. Например, если стойка *ab* содержится 2 раза в большей стойке *ed*, то расстояние между *c* и *b* будет содержаться также 2 раза в *dc*.

Тяжелое тело, подвешенное на веревке, концы которой прикреплены к двум стойкам разной высоты, будет находиться между рав-

ными углами, основания которых тем шире одно другого, чем выше один конец прикреплен по сравнению с другим.



П р е д л о ж е н и е. Груз, подвешенный на веревке и способный свободно опускаться до наиболее низкого положения образуемой ею дуги, остановится между равными площадями пирамиды [т. е. треугольника].

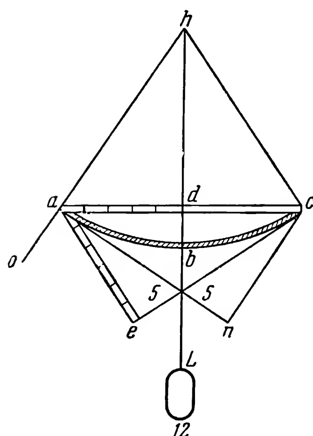
П р е д л о ж е н и е. Груз, расположенный между равными площадями треугольника, будет находиться ближе к одной из стоек, чем к другой, во столько раз, сколько раз меньшая содержится в большей.

П р е д л о ж е н и е. Груз, подвешенный к дуге свободно висящей веревки, будет отдавать тем больше своей тяжести одной из стоек по сравнению с другой, чем меньше одна по сравнению с другой, или чем меньше одно основание треугольника по сравнению с другим, или чем меньше одна часть веревки по сравнению с другой.

П р е д л о ж е н и е. Невозможно, чтобы груз остановился на

веревке, на середине расстояния между двумя неравными стойками, даже если этот вес опустился бы до самой низкой точки — до центра земли (А, 48).

Показание тяжести, которую имеет изогнутая веревка. Веревка, которая провисает, когда концы ее укреплены на одной горизонтали, всегда сама по себе описывает часть окружности круга; центр ее тяжести всегда окажется в середине ее объема (quantità).

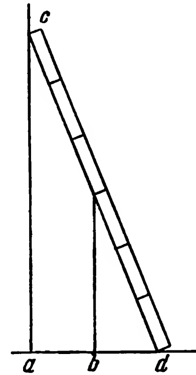


Линия потенциального [противорычага], которую имеет тяжесть всей изогнутой веревки,— прямая и имеет начало в начале дуги, в том месте, где линия окружности отделяется от прямой линии, к ней касательной. А для того, чтобы найти такое начало, обратись к чертежу и заметь дугу веревки *abc*, которая является частью окружности круга. По 7-му [положению] этой [книги] найди центр всей окружности, каковой будет *h*; из этого центра проведи прямую *ha* и получишь радиус этого круга, в конце которого восставишь перпендикуляр *an*. Таким же образом ты поступишь с противоположным концом названной веревки, проведя линию *ce*. С ней соединишь перпендикуляр *ea*, в качестве реального рычага, соответствующего реальному противорычагу *ad*, с каковым *d* соедини *dl*, подвес груза.

Все те фигуры, которые имеют двойные линии, должны пониматься как реальные члены; а те, которые имеют только простые линии, понимаются как линии потенциальные. И среди моих фигур есть простые потенциальные и простые реальные, и составные из реальных и потенциальных (А, 62).

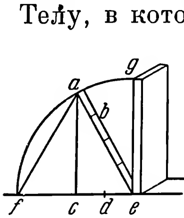
О распределении тяжести в наклонном стержне

Я нашел путем опыта, что брус *cd* будет производить в точке *d* нагрузку, меньшую на величину, равную половине основания треугольника *adc*, т. е. если дерево имеет 6 локтей и весит 6 фунтов, а половина основания (т. е. *ab*) равна 1 локтю, то я утверждаю, что стержень будет 5 фунтов отдавать точке *d*, а один фунт пойдет на силу в месте, где он прислоняется, т. е. в *c* (В, 14об.).



Если хочешь знать, сколько тяжести стержень в 8 фунтов и 4 локтя отдает стене *ac* и сколько — точке *e*, сделай так: раздели пополам основание треугольника *ace*; это будет *dc*, и столько, сколько эта часть занимает на длине стержня, столько тяжести остается на долю стены *ac*, остальное же приходится на *e*.

Телу, в котором длина значительно превосходит ширину и глубину, надлежит отдавать своей нижней части, расположенной ниже горизонта, бо́льшую долю своей тяжести, чем части выше лежащей. Но если это тело будет расположено на горизонтальной линии обоими своими концами, то по необходимости оба его конца должны иметь равную тяжесть при своем соприкосновении [с опорами], в том случае когда тело имеет одинаковую толщину и вес по всей своей длине.



То тело, толщина которого непрерывно превосходима длиной, должно передавать равную нагрузку двум крайним своим точкам соприкосновения, когда они равно отстоят от центра, как, например, *f* и *e*. Но когда тело расположено по линии отвесной, я утверждаю, что точка соприкосновения нижнего конца примет на себя весь

лежащий над ней груз и верхний конец не передаст никакой тяжести противоположной точке соприкосновения, как это явствует в *g* и *e*. А если это тело своими двумя концами находится на разных расстояниях от названного центра, то и тяжесть будет разной, так как часть, более близкая к центру, более весит, а часть более далекая становится более легкой, как это явствует в *a* и *e*.

Следовательно, если в первом предложении доказывается, что названный груз распределяется между обоими крайними точками соприкосновения *f* и *e*, а во втором—что нижняя получает все и верхняя — ничего, то необходимо признать, по основаниям геометрическим и арифметическим, что тот груз, который занимает среднее положение между тем и другим, например *ae*, является причастным обоим крайностям.

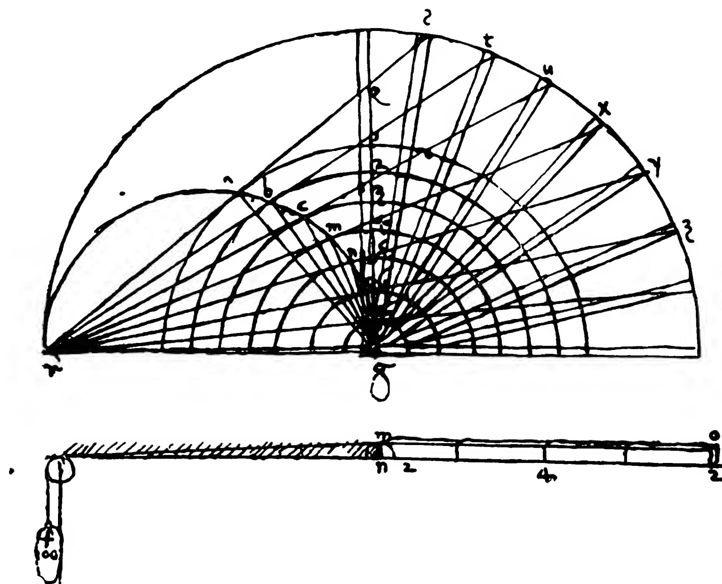
Если груз *ae* — длиною в 4 локтя и весом в 8 фунтов и если ты подвесишь его так, чтобы он не был весь в точке *e* и не разделялся пополам между *f* и *e*, а находился бы в середине линии *fe*, т. е. над точкой *c*, то я, основываясь на арифметической пропорции, утверждаю: если груз, стоя вертикально, отдает нагрузку в 8 фунтов точке *e* и если он, лежа совершенно плашмя, отдает ей 4, возьми среднее между 4 и 8, т. е. 6; следовательно, точка *e* будет 6, а *ca* будет 2 по силе и тяжести. И на основании геометрической пропорции мы находим, что, если взять основание треугольника *ace* и разделить его пополам в точке *d*, то отношения *de* к *ae*[25] и *df* к *ed* равны отношениям *ab* [к *ae* и *df* к *ab*] и также отношение *df* [к *ae*][5] равно отношению *be* [к *ae*] (B, 63).

Общее правило для расчета балки с веревкой, привязанной на одном конце, которую подтягивают из одного определенного места и поднимают стоймя, это правило позволяет сказать, какую тяжесть она передает тому, что ее движет, на всех ступенях своего подъема.

Движение, производимое при прямых углах. Если линия *mn* содержится 50 раз во всей длине балки и эта балка весит 4 единицы веса, то 2 из них приходятся на верхний ко-

нец *o*, а 100 должны быть приложены в противовесе *f*, чтобы уравновесить 2 в *o*.

Линия, которая, выходя из нижнего конца стержня, образует прямой угол с веревкой, протянутой между тем, кто тянет, с одной стороны и концом подтягиваемого стержня с другой, есть истинная

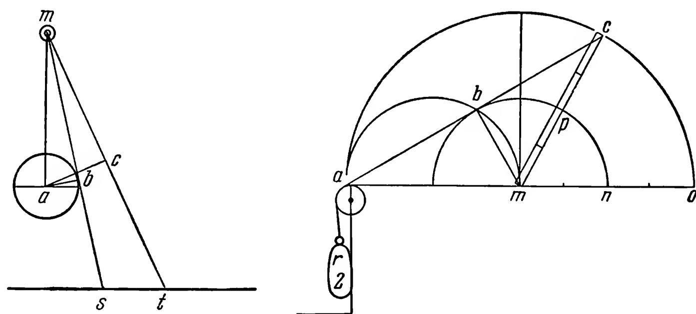


длина рычага, сдвигающего стержень с его места. Тянущий должен проявить по сравнению с тяжестью верхнего конца стержня силу во столько раз бо́льшую, сколько раз в длине подтягиваемого стержня содержится та линия, которая образует прямой угол с веревкой, простирающейся от конца подтягиваемого стержня до рук тянущего.

Полуокружность *rg* дает на других внутренних кругах места пересечений каждой из линий, подобных *rs*, и рычагов, подобных *ag*. На полукруге углы *a*, *b* [и т. д.] всегда прямые (C. A., 253об. a).

Хотя веревки *ms* и *mt* укреплены в *m*, тем не менее они действуют так же, как если бы они были прикреплены к рычагу, имеющему длину, равную линии, выходящей из центра и пересекающей веревку под прямым углом.

Я спрашиваю: сколько тяжести в *a* и сколько в *b*? (С. А., 75 а).



Так следует подвешивать, когда углы не прямые, т. е. линия веревки и линия балки, к ней подвязанной, должны быть расположены следующим образом [см. правый чертеж].

Если балка, подвязанная к веревке, будет весить 4 единицы веса, я уверен, ты помнишь, что, по правилу 5-го предложения, когда *n* находится под концом балки и этот конец подвешен на веревке, встречающейся под прямым углом с линией этой балки, он не будет весить больше одной единицы веса, а другой конец будет весить 3. Отсюда нужно сделать заключение, что веревка, образующая прямой угол с балкой, ощущает и показывает простой вес этого конца. Итак, весит он одну единицу. Теперь проведи линию веревки, поддерживающей балку (т. е. *ac*), и потом посмотри, сколько раз расстояние *bm* содержится в *mc*. Оно содержится 2 раза; следовательно, 2 единицы веса в *r* уравновесят *c* и, следовательно, если балка весит 4 единицы веса, ее нижний конец получает их и получает еще 2 единицы веса от противовеса *r* (С. А., 149об. а).

Здесь доказывается, каким образом ставить на весу при помощи груза верхний конец балки; если ты захочешь при помощи веревки *oq*

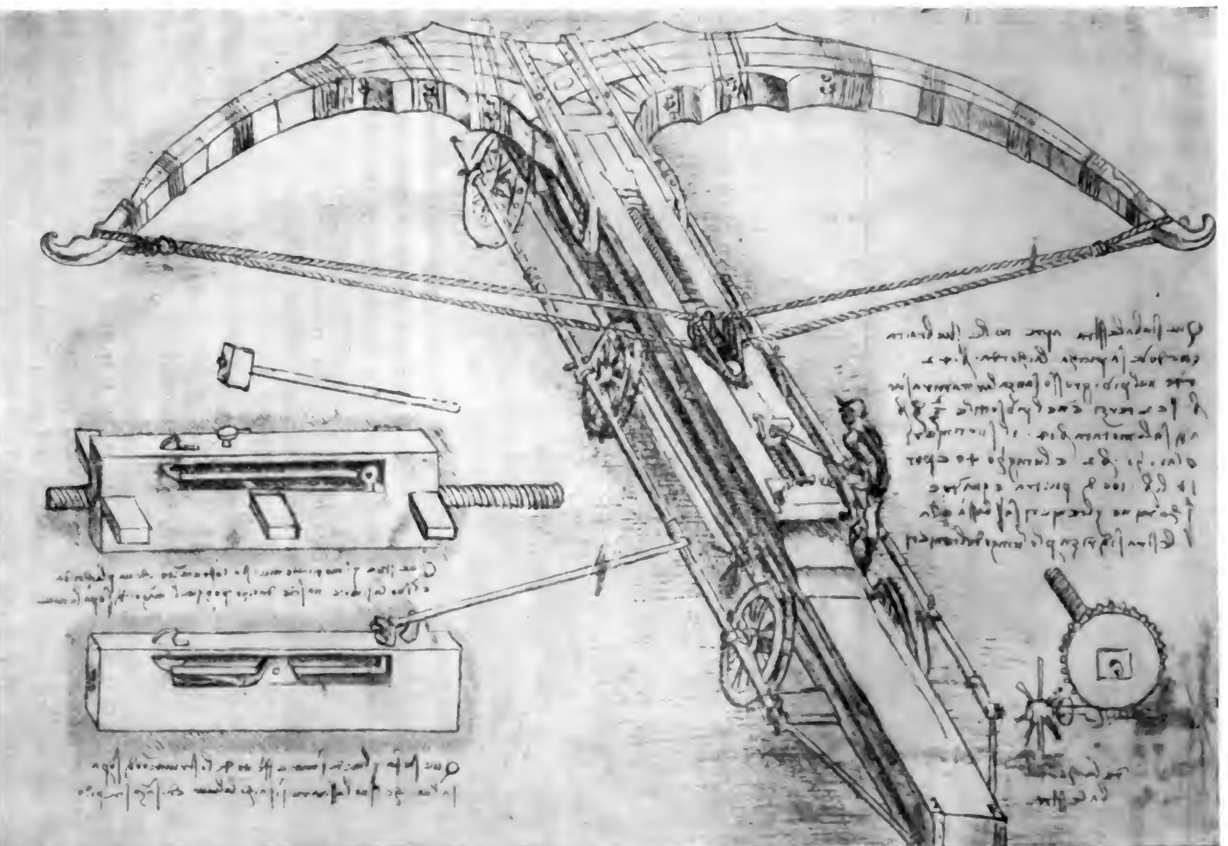
поднять этот верхний конец, посмотри, сколько раз *ns* содержится в длине балки *sq*,—оно содержится 4 раза; следовательно, 4 единицы веса в противовесе *n* поднимут конец или уравновесят конец балки.

И если ты захочешь поднять этот конец балки веревкой *rq*, посмотри, сколько раз линия, выходящая под прямым углом к балке и идущая к веревке *rq*, содержится в указанной длине балки. Она содержится 2 раза; следовательно, 2 единицы веса в противовесе *r* уравновесят тяжесть, т. е. верхний конец балки (С. А., 104 а).

Сделай этот чертеж сначала простым, т. е. только с 6 противовесами, без всяких других полукругов, и рассуди, сколько должен был бы весить каждый противовес, чтобы удержать в равновесии балку в 60 фунтов, и сколько должен был бы весить каждый в отдельности, если бы он был единственным противовесом балки. И это правило примени ко всем, а затем выведи общее правило с полукругами (С. А., 104 а).

Сила и движение

О пропорции силы и движения. Я спрашиваю: если самострел гонит стрелу на 400 локтей, то самострел такой же формы, имеющий силу и размеры в 4 раза бо́льшие, пошлет ли стрелу на расстояние в 4 раза большее?



Проект гигантского самострела (С. А., 53об. b)

Я спрашиваю: если самострел имеет тот же вес, ту же конструкцию и ту же длину, но другую толщину, то какое действие в смысле дальности полета он окажет на ту же стрелу?

И если самострел гонит стрелу в 2 унции на 400 локтей, то на сколько локтей он прогонит стрелу в 4 унции? (С. А., 314об. b).

Если бомбарда выбрасывает с наибольшей своей силой ядро в 100 фунтов на 3 мили, то на какое расстояние выбросит она ядро в 200 или 300 или другой какой груз, больший или меньший 100?

Если бомбарда 4 фунтами пороха выбрасывает 4-фунтовое ядро с наибольшей своей силой на 2 мили, то сколько следует прибавить пороху, чтобы выстрелить им на 4 мили?

Если бомбарда 4 фунтами пороха гонит ядро в 4 фунта на 2 мили, на какое расстояние будут гнать его 6 фунтов пороха? (I, 130).

Об ударе. Установи правило для ядра любого качества, как для железного, так и для свинцового или каменного,— насколько ты должен увеличивать или уменьшать нужное ему количество пороха? (Forst. II, 62).

1. Если сила движет тело в известное время на известное расстояние, та же самая сила половину этого тела передвинет за то же время на двойное расстояние.

2. Или: та же самая сила передвинет половину этого тела в половину этого времени на все расстояние.

3. Или: та же самая сила передвинет половину этого тела на все расстояние в половину этого времени.

4. И половина этой силы передвинет половину этого тела на все расстояние в то же время.

5. И сила эта передвинет вдвое большее движимое на все расстояние в двойное время; и в тысячу раз большее движимое в тысячу таких времен на все это расстояние.

6. И половина этой силы передвинет все тело на половину расстояния в течение всего времени; и в сто раз большее тело на одну сотую расстояния в то же самое время.

7. И если две силы порознь движут два разных тела в определенное время на определенное расстояние, то те же силы вместе передвинут те же самые тела, соединенные вместе, на все расстояние в течение всего времени, потому что в этом случае первоначальные соотношения остаются те же (F, 26).

Если сила движет тело в определенное время на определенное расстояние, то половина этой силы передвинет все это тело в то же самое время на половину вышеуказанного расстояния.

Движущее *b* движет свое движимое в два гармоничных деления времени [26] на всю длину изображенной линии. Но движущее *a*, будучи половиной такого движущего [т. е. *b*], в то же самое время перемещает свое движимое на половину указанного расстояния. Это доказывается тем, что отношение между силами движущего *a* и движущего *b* таково, каково отношение между длинами путей движущего *a* и движущего *b*, или, иначе, между плечами вращающегося тела *a* и плечами вращающегося тела *b* в точности.

Или на то же расстояние в двойное время (С. А., 301об. d).

Сила. Время. Расстояние. Движимое.

Вся сила, $^1/_2$ движимого, указанное время, двойное расстояние.

Та же сила, $^1/_2$ движимого, на все расстояние, в $^1/_2$ времени.

Та же сила, все движимое, $^1/_2$ расстояния, $^1/_2$ времени.

Та же сила, все время, при половинной скорости (corso), все расстояние [?]

Вдвое большее движимое, в [двойное] время, то же расстояние (С. А., 354 а).

Аристотель говорит, что если сила движет тело на определенное расстояние в определенное время, та же сила передвинет половину этого тела на вдвое большее расстояние за то же самое время.

Следовательно, одна миллионная часть этого тяжелого тела будет гонима той же силой за то же время на расстояние в миллион раз большее. Иначе говоря, если это тело было бы в унцию и проходило в определенное время одну милю, то миллионная часть его пройдет

миллион миль в то же время. И если бы ты сказал, что воздух ей воспрепятствует, я скажу, что во столько раз, во сколько это тело меньше веса в одну унцию, во столько раз меньшее количество воздуха противится его бегу (М, 62—61об.).

Если сила движет тело в известное время на известное расстояние, нет необходимости, чтобы такая сила двигала двойную тяжесть в течение двойного времени на двойное расстояние, ибо может оказаться, что такая сила вовсе неспособна будет двигать движимое.

Если сила движет тело в определенное время на определенное расстояние, нет необходимости, чтобы половина этой силы двигала то же самое движимое в то же время на половину этого расстояния, ибо может случиться, что она вовсе неспособна будет двигать его (F, 51об.).

О движении. Альберт Саксонский говорит в своем сочинении «О пропорциях», что если сила движет движимое с определенной скоростью, то половину его она будет двигать с двойной скоростью, что мне кажется не так, ибо он не допускает, что такая сила действует с предельной своей возможностью. Ведь если бы она делала так, то тело, которое весило бы менее, не соответствовало бы силе движущего или среды, через которую оно проходит, а потому болталось бы в воздухе, а не двигалось бы по прямому направлению и совершало бы меньший путь (I, 120об.).

И если некоторые говорили, что чем меньше приводимое в движение тело, тем более его гонит движущее, постоянно увеличивая скорость движения пропорционально уменьшению его до бесконечности, то отсюда следовало бы, что атом оказался бы едва ли не более быстрым, чем воображение или глаз, который мгновенно достигает звездной высоты. Поэтому путь его был бы бесконечен, так как вещь, которая может уменьшаться бесконечно, становилась бы бесконечно быстрой и двигалась бы по бесконечному пути. Мнение это отвергается разумом, а следовательно, и опытом.

Следовало бы также следующее: если бомбарда выбрасывает свое ядро на 3 мили в 20 музыкальных или гармонических делений

времени при 100 фунтах пороха и 1000 фунтах ядра, то спрашивается, какое расстояние пройдет ядро в 1 фунт при том же количестве пороха в то же самое время? Действуй по тройному правилу, говоря: если 1000 фунтов камня выбрасываются в 2 единицы времени (при этом твердо держи в уме 3 мили) [27], если 1000-фунтовое ядро выбрасывается на указанное расстояние в 20 единиц времени, в какое время с той же силой бомбарда выбросит ядро в 1 фунт? Рассуждай так: если 1000 дает мне 20, сколько мне даст единица? найдешь, что она даст тебе $\frac{20}{1000}$ единиц времени, что составляет $\frac{1}{50}$. Теперь смотри: если взять вес одного зернышка пыли для опыта, то бомбарда выбросила бы его не дальше, чем дым в начале выстрела, а по приведенному рассуждению она угнала бы его на миллион миль за то же самое время, за которое 100-фунтовое ядро прошло 3 мили.

Не доверяйте же, исследователи, тем авторам, которые одним воображением хотели посредствовать между природой и людьми; верьте лишь тем, кто, основываясь на указаниях природы и действиях своих опытов, приучил ум свой понимать, как опыты обманывают тех, кто не постиг их природы, ибо опыты, часто казавшиеся тождественными, весьма часто оказывались различными,— как здесь это и доказывается (I, 102об.).

Об импульсе (impeto)

Движения бывают двух видов: одно из них всегда остается соединенным со своим источником движения (motore), другое же скоро от него отделяется и продолжается отдельно от него.

Те движения, которые отделяются от своего источника, также бывают двух видов, а именно: в некоторых, после того как источник движения отделился от приведенного им в движение тела, он немного еще следует за этим телом. Я ошибся, говоря о двух видах, ибо всякий источник движения, который гонит тело, немного следует за приведенным в движение телом, после того как это тело отделилось от него (C. A., 98 b).

Определение импульса. Импульс есть способность, созданная движением и сообщенная двигателем движимому, которое имеет столько движения, сколько импульс жизни (E, 22).

Импульс есть способность двигателя, сообщенная движимому; он является причиной движения движимого после того, как это движимое отделилось от своего двигателя (C. A., 161об. a).

Импульс есть отпечаток движения, который движущее переносит на движимое. Импульс — сила, отпечатанная движущим в движимом. Каждый отпечаток тяготеет к постоянству или желает постоянства, как показывает отпечаток, производимый солнцем в глазу наблюдателя, и отпечаток звука, производимый молотком, сотрясающим колокол. Всякий отпечаток хочет вечности, как показывает нам образ движения, запечатлеваемый в движущемся предмете (G, 73об.).

О насильственности. Я утверждаю, что всякое тело, приведенное в движение или испытавшее удар, удерживает в себе на некоторое время природу этого удара или движения; и оно удержит его более или менее в зависимости от того, будет ли сила этого удара или движения большей или меньшей.

Пример. Посмотри, сколько времени колокол, испытавший удар, удерживает в себе отзвук удара. Посмотри, сколько времени выброшенный бомбардой камень сохраняет природу движения.

Удар, произведенный о плотное тело, производит звук, который длится дольше, нежели при ударе о более редкое тело, и в этом последнем теле будет он длиться дольше, нежели в теле подвешенном и тонком.

Глаз сохраняет в себе на известное время изображения светящихся предметов (Tr., 43).

Всякое впечатление (impressione) на некоторое время сохраняется в ощущающем его предмете, и то, которое более сохраняется в предмете, было большей силы; также и то, которое было от менее сильного, сохраняется менее. В этом случае я называю ощущающим предметом тот, который посредством какого-либо впечатления

приводится в движение, а предметом неощущающим тот, который, хотя бы и двигался от самого начала своего бытия, не сохраняет в себе никакого впечатления вещи, которая его двигала.

Чувственное впечатление есть то, которое возникает от удара, получаемого звучным предметом,— колоколами и тому подобными предметами. Таков и звук в ухе. Если бы ухо не сохраняло впечатления звуков, то пение соло никогда не имело бы прелести; ведь когда оно перескакивает от первой ступени к пятой, оно таково, как если бы одновременно ощущались оба эти звука и ухо ощущает настоящее созвучие, которое производит первая ступень с пятой. И если бы впечатление первой ступени не сохранялось в ухе на некоторый срок, пятая ступень, которая непосредственно следует за первой, казалась бы отдельной, а единичный звук не производит никакого созвучия, и потому всякое пение, исполняемое соло, показалось бы без прелести. Также блеск солнца или другого светящегося тела некоторое время остается в глазу после смотрения на него; и движение огненной головни, быстро движимой по кругу, заставляет казаться этот круг сплошь одинаково горящим. Мелкие капли вод, проливающиеся дождем, кажутся непрерывными нитями, которые спускаются из туч. И так этим подтверждается, что в глазу сохраняются впечатления движущихся вещей, им видимых. Предметы неощущающие, которые не сохраняют впечатлений от находящихся против них вещей, это — зеркала и всякая полированная вещь, которая немедленно по удалении вещи, в ней запечатлевающейся, тотчас же оказывается совсем лишенной этого впечатления. Итак, мы заключили, что движение движущего, запечатленное в движимом им теле, есть то, что движет это тело по среде, по которой оно движется.

Также можно отнести к впечатлениям, сохраняемым в телах, волну и круговращения вод, и ветры в воздухе. И ножик, воткнутый в стол, который, будучи наклонен в одну сторону и потом отпущен, сохраняет долгое дрожащее движение. Все эти движения суть отраженные друг в отношении друга и все они могут быть названы падающими, до отвеса того места, где ножик этот вонзается острием.

Звук отпечатлевается в воздухе без растекания воздуха и ударяется в предмет и возвращается назад к своей причине.

Столкновение жидких тел с плотными имеет другую природу, чем столкновение плотных. И столкновение жидких тел с жидкими также отличается от вышеуказанных. Столкновение плотных тел с жидкими можно наблюдать на опыте у морских берегов, которые принимают вóды, ударяющие о скалы, и гонят их по склонам взморья. И часто случается, что движение волны еще не улеглось, а камни, ею уносимые, возвращаются к морю, откуда они ушли; падение их увеличивается силой волны, которая отражается от высоких берегов (С. А., 360 а).

О б у д а р е. Удар о колокол оставляет после себя свое запечатленное подобие, как солнце — в глазу, запах — в воздухе. Но надо посмотреть, остается ли подобие этого удара в колоколе или в воздухе, и это сделаешь, приложив после удара ухо к поверхности колокола (А, 22об.).

О б у д а р е. Удар в колокол получит отклик и приведет в слабое движение другой подобный колокол, и тронутая струна лютни найдет ответ и приведет в движение другую подобную струну той же высоты на другой лютне, и в этом ты убедишься, положив соломинку на струну, соответствующую той, которая приведена в звучание (С., 423).

В ту меру, в какую глаз быстрее выполняет свои функции, нежели ухо, в ту же меру он более сохраняет подобия предметов, в нем запечатлевающихся (С. А., 250 а).

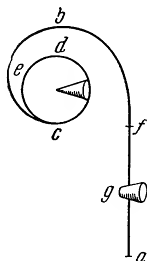
Глаз более удержит и более сохранит в себе подобия тел светлых, чем темных. Причина та, что сам по себе глаз — высшая темнота, и так как подобное в подобном не выделяется, то ночь и другие темные вещи [не] могут быть сохранены или познаны глазом. Свет совершенно наоборот: чем более он выделяется, тем более изменения и разнообразия вносит в привычную темноту глаза, отчего и оставляет после себя запечатленным свое подобие (G, 7об.).

Что такое импульс. Импульс есть то, что иначе называется производным движением (moto derivativo); он рождается от движения первоначального, т. е. того, когда движимое было соединено со своим движущим.

Никогда ни в одной части производного движения не окажется скорости, равной скорости движения первоначального. Доказательство: с каждой ступенью движения, которое имеет тетива лука, теряется часть приобретенной силы, переданной ей ее двигателем; и поскольку каждое следствие причастно своей причине, постольку производное движение стрелы уменьшает по ступеням свою силу и, таким образом, оказывается причастным силе лука, каковая уничтожается по ступеням так же, как по ступеням была рождена.

Импульс, запечатленный движущим в движимом теле, разлит по всем соединенным вместе частям этого движимого. И явствует это из того, что любая часть этого движимого, как внутренняя, так и поверхностная, имеет одинаковое движение, за исключением движения вращательного, ибо в этом случае более стремительная часть вращается вокруг менее стремительной (т. е. вокруг тех частей, которые находятся ближе к центру движущегося тела) (G, 85об.).

О сложном движении. Сложным движением называется то, которое причастно импульсу движущего и импульсу движимого, каково движение *fbc*, находящееся между двумя простыми, из коих одно в начале, а другое в конце; *ag* — в начале, *cdec* — в конце. Первое повинуется только движущему, а последнее зависит только от формы движимого (E, 35).



О вращательном движении. Волчок или кубарь, благодаря быстроте своего вращательного движения, теряет ту силу, которую имеет неоднородность его тяжести вокруг центра его вращения,— теряет по причине господствующего в этом теле импульса. Это тело никогда не будет склоняться к наклонному положению, ко-

торого хочет неоднородность его тяжести, до тех пор, пока сила движущего его импульса не станет меньшей, чем указанная сила неоднородности.

И когда сила неоднородности одолевает силу импульса, она становится центром вращательного движения, и так это тело, вынуждаемое лечь, до конца расходует при этом центре остаток названного импульса.

А когда сила неоднородности делается равной силе импульса, волчок становится наклонно и обе силы борются в сложном движении и движутся по большой окружности та и другая до тех пор, пока не установится центр второго вида вращения, при котором импульс кончает свою силу (E, 50об.).

О природе движения. Если, разъярившись в своем движении, после того как двигатель ее покинул, колесо совершает само собою много оборотов, то отсюда следует, повидимому, что если двигатель, продолжая упорствовать, станет вращать колесо помимо указанной скорости движения, он будет затрачивать мало силы. И я заключаю, что двигатель, желая поддержать это движение, всегда будет мало трудиться, и трудиться тем более, чем более движение склонно по природе своей остановиться (B, 26об.).

О роли воды и воздуха при движении тела

О движении в воздухе. Движение, совершаемое в воздухе, бывает настолько более быстрым, чем движение в воде, даже когда оно вызывается одинаковой силой, насколько воздух тоньше по сравнению с водой, и в этом ты убедишься на опыте при помощи шпаги.

Об импульсе жидких тел, т. е. воздуха и воды и т. п. Импульс с каждой единицей времени проходит новые ступени убывания, и продлевают его существование воздух или вода,— они устремляются вслед за движущимся телом, заполняя пустоту, которую оно оставляет при своем проникновении в них.

Воздух сзади бьет и теснит, ударяясь в движущееся тело, сильнее, нежели воздух, находящийся спереди, способен посредством своего уплотнения сопротивляться дальнейшему проникновению этого движущегося тела. И подобное уплотнение воздуха есть именно то, что сокращает ярость вышеназванного импульса в названном теле.

Почему рыба в воде движется быстрее, чем птица в воздухе, хотя, казалось бы, должно быть наоборот, поскольку вода плотнее и тяжелее воздуха, а рыба тяжелее и плавники ее меньше, чем крылья птицы? По указанной причине рыбу не сдвигают с места быстрые водные течения, как это делает ярость ветров в воздухе с птицей. Мало того, мы видим, что рыба устремляется вверх навстречу самому неожиданному падению воды чрезвычайно быстро, словно молния в густых тучах, что кажется вещью удивительной. Это происходит от огромной быстроты подобного движущегося тела. Быстрота его превосходит движение воды, которая кажется неподвижной в сравнении с движением такой рыбы, и отношение указанных движений равно 1 : 10: скорость воды равна 1, а скорость рыбы 10. Эти 10 превосходят единицу на 9. Следовательно, рыба, обладая силой, равной 10, сохраняет силу, равную 9; со своей силой, равной 10, она устремляется навстречу течению, и вода отнимает у нее единицу, так что остается 9.

Все это происходит оттого, что вода сама по себе более плотная, чем воздух, а соответственно и более тяжелая. Вот почему она способна быстрее заполнять пустоту, которую оставляет за собою рыба в покидаемом ею месте. И, кроме того, вода, ударяющая в рыбу спереди, не уплотняется так, как воздух перед птицей, а образует волну, которая своим движением подготовляет и увеличивает движение рыбы. Оттого-то оно и становится быстрее, чем движение птицы, перед которой воздух уплотняется вновь и вновь.

Импульс есть отпечаток (impressione) пространственного движения, производимый движущим в движимом и поддерживаемый воздухом или водою, движущимся для предотвращения пустоты.

Импульс движимого тела в воде отличен от импульса движимого в воздухе, и такие различия обусловлены особенностями указанных жидкостей, ибо воздух способен уплотняться до бесконечности, а вода — нет.

Импульс в воде — двоякий; он имеет две природы: одну простую и одну сложную. Простая — вся под водою. Другая — сложная, на границе между воздухом и водой, как это можно видеть на примере барок.

Простой импульс не уплотняет воду перед рыбой при ее движении, а движет воду назад при движении этой рыбы с тою же скоростью, какую имеет движущее, и волна воды впереди никогда не будет более быстрой, чем то, что приводит ее в движение (С. А., 168об. b).

Волна воздуха, которая рождается благодаря телу, движущемуся через этот воздух, будет значительно более быстрой, чем движущее ее тело.

Изложенное выше происходит по той причине, что вещество воздуха весьма текуче и легкоподвижно, и когда тело движется через него, то оно производит первую волну при первом своем движении, и одновременно эта волна не может рождаться, не вызывая другую после себя, и эта другая — третью. Итак, при движении подобного тела через воздух оно в каждую ступень времени производит умножение волн под собой, каковые своим бегом приготовляют путь движению того, что их движет (М, 45об.).

В этом случае свободного падения тяжести тел уже из приведенного опыта с волной воды ясно видно, что такую же волну образует воздух под падающей вещью, ибо он оказывается толкаемым, а с другой стороны увлекаемым, т. е. он образует круговую волну, помогающую толкать вниз. И вот по этим причинам воздух, устремляющийся вперед от гонящего его тяжелого тела, ясно показывает, что ему не сопротивляется и, следовательно, что этому движению не мешает. Потому, чем более опускается волна, движущаяся быстрее движущей ее тяжести, и чем дольше продолжается движение этой тяжести, тем

более удаляется от нее последняя волна, облегчая ускользание воздуха, соприкасающегося с тяжелым телом (М, 46).

Доказательство, что воздух не толкает движущееся тело после того, как оно разлучилось с силой своего двигателя. Если бы движущемуся телу, разлучившемуся со своим двигателем, было суждено подчиняться движению воздуха, то при проникновении в мех, наполненный водою, шарику духового ружья немедленно пришлось бы потерять все свое движение в самом же начале своего проникновения, ибо тотчас же вода замкнула бы вход и отделила бы его от гонящего его воздуха. В этом случае опыт показывает обратное, поскольку подобный шарик долго движется после указанного проникновения в воду.

И если бы ты сказал, что ярость движения воздуха или воды, по которым этот шарик проходит, стремится заполнить пустоту, оставляемую им от одной точки до другой при своем прохождении, а потому образует клин между задней поверхностью шарика и остальной частью воздуха, находящегося позади, в этом случае следует ответить так: воздух сильнее и уплотненнее спереди шарика, нежели с противоположной стороны, ибо там воздух отражается от удара шарика, а отражение любой вещи всегда обладает меньшей силой, чем ее падение.

Ты мне возразишь на это, указав, что такая сила не может быть разлита в движущем теле, поскольку никакое тело не может двигаться, когда его части не опираются на другие тела, вне него. Так, когда человек, стоя на середине барки, тянет за веревку, привязанную на ее корме, чтобы сообщить движение судну, труд его уходит впустую; такая веревка должна быть укреплена на берегу, к которому человек хочет причалить, или же шест, упирающийся в дно, должен толкать барку. Следовательно, если в воздухе нет силы, которая толкала бы названный шарик, необходимо, чтобы она была разлита в самом шарике. А если она разлита, отсюда следует то, что выше было приведено в качестве примера, и, кроме того, эта разлитая сила была бы одинаково действенной по всем направлениям, ибо она оди-

наково, в одной и той же мере должна была бы разливаться по всему этому шарику. Следовательно, ее не существует, а другую ты не склонен признать. Поищем поэтому третью, которая не встречала бы возражений.

Действенность движущего вполне отделяется от него и прилагается к телу, приводимому им в движение. Она с течением времени истощается,— при проникновении тела через уплотняющийся перед ним воздух. И происходит это оттого, что всякое впечатление долго сохраняется в предмете, в котором оно запечатлевается, как это видно на примере кругов, возникающих на поверхности воды при ударе о нее: они на далеком протяжении движутся по воде; это видно и на примере водоворотов и волн, возникающих в определенном месте и уносимых импульсом в другое место, без своего разрушения; то же производит блеск в глазу и звук в ухе.

Но если ты еще пожелаешь сказать, что воздух сохраняет силу движущего, сопровождая и толкая движимое тело, то как мы согласуем с этим колесо, которое в вихре ветра долго продолжает вращаться, хотя двигатель его давно разлучился с ним?

Такое колесо приводится в движение не воздухом, ибо границы и тяжесть колеса равномерно распределены вокруг его оси, а ветер охватывает его только с одной стороны. И если ветер благоприятствует убегающей от него половине колеса, он не благоприятствует и противодействует другой половине, которая движется навстречу ему. Поэтому ветер, в той же мере вредящий, сколь и способствующий движению, не приносит этому колесу никакой пользы или вреда. Следовательно, действенность двигателя остается запечатленной в пределах колеса, а не разлита внутри этого двигателя или в воздухе, его окружающем.

Если хочешь видеть, какое движение совершает воздух, проникаемый движущимся телом, возьми для примера воду; ниже своей поверхности пусть она будет наполнена редкими зернышками черного проса или другими мелкими семенами, плавающими на всех ее уровнях; затем двигай внутри нее какое-нибудь тело, держащееся ниже ее поверхности, и тогда ты увидишь круговращение этой воды,

которая должна быть налита в сосуд с четырехугольными стеклянными стенками, вроде ящика.

Всякое естественное действие передается от действующего к тому, что испытывает действие, в кратчайшее время, какое только возможно. И воздух, ударяемый и уплотняемый телом, в нем движущимся, не может, следовательно, быть тем, который заполняет пустоту, последовательно образующуюся при уходе движущегося тела; таковым должен быть воздух, ближе находящийся к противоположной стороне тела, т. е. на той стороне, откуда оно уходит, и этот именно воздух непрерывно разрежает ранее происшедшее уплотнение, заполняя указанную пустоту посредством такого разрежения.

Никогда в одно и то же время бóльшая сила не будет побеждена меньшей. Следовательно, быстрое движение разреженного воздуха, стремящегося заполнить пустое место после ухода движущегося тела, гораздо слабее движения воздуха, который непрерывно уплотняется впереди движущегося тела; и причиной такого уплотнения никогда не будет воздух, более разреженный, чем он.

Следовательно, мы сделали заключение, что движущееся тело не движется от волны воздуха, создаваемой импульсом двигателя.

И если бы ты хотел сказать, что растекание воздуха, убегающего перед движущимся телом, подготовляет движение этого тела вместе с воздухом, устремляющимся за ним для заполнения разреженного воздушного пространства, на это ответ гласит: в данном случае воздух растекается под действием движущегося тела, а не сам по себе, и невозможно, чтобы одновременно двигатель двигал движущее, а движущее двигало свой двигатель. Следовательно, твое соображение неверно, ибо если бы указанное растекание должно было увлекать сзади причину своего движения, то оказалось бы, что какая-то вещь сама является причиной собственного возникновения, а такие вещи — вечны (Leic., 29об.).

П о ч е м у д в и ж и м о е т е л о п р о д о л ж а е т д в и ж е н и е, н а ч а т о е д в и г а т е л е м? Ни один импульс не может кончиться сразу, но убывает соответственно ступеням движения

Воздух, который первоначально находился за пустотой, созданной движущимся телом в воздухе, не намного сопровождает это тело, по 8-му [положению].

8-е [положение]. Воздух, который последовательно окружает тело, движущееся по нему, совершает сам по себе разнообразные движения. Это видно на примере пылинок (attimi), когда они проникают через какое-нибудь окно в темное место и оказываются в сфере солнца; если бросить в эти пылинки камень, то на протяжении солнечного луча видно, как вокруг места, откуда притекал воздух, кружат эти пылинки, наполняя путь, совершенный в нем движущимся телом, как доказано это в 5-м [положении].

5-е [положение]. Ни одна неодушевленная вещь не движется сама собою, но движение ее производится другими. Порожденное движение действует чрезвычайно быстро во времени и в пространстве, что вызывается необходимостью, как показывает 4-е [положение].

4-е [положение]. Воздух, который движется для заполнения пустоты, произведенной в нем движущимся телом, обладает различными скоростями, плотностями и движениями (F, 74об.).

И если противником будет сказано, что импульс, поддерживающий движение в движущемся теле, находится в воздухе, который окружает это тело с задней стороны, это должно быть отвергнуто. Ведь воздух, который следует за движущимся телом, увлекается этим последним для заполнения оставляемой им пустоты, а воздух, который уплотняется перед движущимся телом, убегает назад, во встречном направлении.

И если воздух возвращается назад, это ясно показывает, что он должен удариться о тот воздух, который увлекается движущимся телом; а когда две вещи ударяются друг о друга, в обеих возникает отраженное движение. И эти движения превращаются в противоположные вихревые движения (moti revertiginosi), уносимые тем воздухом, который заполняет пустоту, оставляемую за собою движущимся телом.

И невозможно, чтобы одновременно движение движущего возрастало от движения движимого, ибо всегда движущее является более мощным, нежели движимое (G, 85об.).

Воздух, облекающий тела, движется ли вместе с этими телами? Воздух, облекающий тела, будет двигаться вместе с этими телами, что показывает нам опыт, когда конь бежит по пыльным дорогам.

Движение воздуха быстрее ли того, что приводит его в движение? Воздух никогда не будет равной скорости с тем, что приводит его в движение и это показывают нам движения уже названной, следующей за бегом коня пыли, которая в кратчайший промежуток движения поворачивает назад вихревым движением и в нем расточает до конца свой импульс (E, 80).

Воздух устремляется вслед за пустотой, которую оставляет за собой рассекающая воздух птица, в ту меру, в какую птица, находящаяся с ним в постоянном соприкосновении, опережает его. Следовательно, не смыкание воздуха, находящегося за птицей, гонит ее, а импульс, движущий птицу вперед, размыкает и гонит воздух, становящийся для нее объемлющим влагалищем (guaina), и он же и увлекает за собою воздух и т. д. (E, 53).

О соотношении между движущим и движимым

Когда какая-либо вещь, являющаяся причиной другой, производит определенное действие своим движением, то движение действия должно по необходимости соответствовать движению причины. Так, например, движимое тело, соединенное с тем телом, которое его движет, продолжает движение последнего; а если движимое отделится от движущего, оно продолжает движение, начатое этим движимым, по той же линии, но не с той же силой, ибо разлучившись становится легче (C. A., 169об. a).

По какой причине лук посылает на много дальше свое ядро, чем самострел?

Всякий раз, когда груз, движимый силой, несоразмерен с этой силой, толкаемая вещь не будет совершать должного пути.

Груз, гонимый яростью силы, если он по качеству не соразмерен ее способности, не будет совершать должного пути.

Это явственно подтверждается опытом, ибо если ты быстрым движением руки отбросишь от себя вещь, которая по своей легкости не подстать твоей силе, эта вещь получит малое движение. Также, если ты потащишь вещь, которая по своей тяжести тебе не под силу, путь ее будет короткий.

Сила, движущая груз, соразмерный ее качеству, удалит его от себя на расстояние во столько раз большее, во сколько раз время действия двигателя больше в одном случае, чем в другом.

Это показывает опыт, ибо если ты с силой в 50 фунтов выпустишь ядро с лука и оно удалится от тебя на 300 локтей, а затем с силой в 300 фунтов выпустишь ядро такого же веса из самострела, то оно, вследствие несоразмерности силы, не пройдет 250 локтей. Причина, почему лук гонит больше, заключается в том, что движущее более сопровождает движимый предмет, ибо лук имеет более широкие плечи, чем самострел. Вторая причина заключается в том, что стреляющий из лука несколько сгибает руку, держащую лук, и при отпускании тетивы возникают два движения, а именно: движение руки, которая выпрямляется, и движение лука, возвращающегося к прежнему своему положению (А, 29об.).

Чем больше движимое будет сопровождаемо движущим, тем более долгим будет его движение. Или: чем больше движущая сила сопровождает движимую вещь, тем более долгим будет движение.

Это показывает конный стрелок из арбалета, который, желая разрядить самострел, одновременно ударяет ногой в коня, с внезапной быстротой наклоняет вперед грудь, выпрямляет руки с самострелом и разряжает его. Здесь четыре движения передаются движению одной стрелы. Первое есть движение коня, второе — груди, третье — рук, которые выбрасываются от груди вперед, и последнее — это движение тетивы. Такая стрела, если она будет

соответствовать движению и силе, вылетит очень далеко от своего исходного положения (A, 30).

Тот, кто хочет выстрелить на значительное расстояние из лука, должен стрелять, целиком опираясь на одну ногу и отставив другую столь далеко, чтобы она образовала должный противовес откинувшемуся телу стрелка, выставившему вперед левую ногу. И он не должен выпрямлять вполне свою руку, а чтобы легче выполнить свою задачу, должен держать у лука кусок дерева, который, как стволы самострела, идет от руки к груди. И когда он хочет спустить стрелу, он должен сразу, в одно и то же время податься вперед и выпрямить руку, отпуская тетиву. Если он сделает все это с ловкостью, в один момент, то стрела улетит очень далеко. Причина сказанного выше: знай, что прыжок вперед, будучи быстр, дает одну степень ярости стреле, а вытягивание руки, будучи более быстрым, дает две; спускание тетивы, будучи еще более быстрым, нежели движение руки, дает три. Следовательно, если прочие стрелы гонимы с тремя ступенями ярости, эта, благодаря ловкости, гонима с шестью и должна поэтому совершить вдвое больший путь. Не забудь при выстреле отпустить лук, который рванется вперед, но не перестанет прилегать (Forst. I, 44).

О распознании тяжелых тел, соразмерных силам своих двигателей. Сила движущего всегда должна быть соразмерной тяжести движимого и сопротивлению среды, чрез которую тело движется. Но о таком действии не может быть знания, если раньше не дана величина уплотнения воздуха, испытывающего удар какого-либо движущегося тела. Такое уплотнение будет производить тем бо́льшую или меньшую плотность, чем больше или меньше скорость, которою обладает движимое, давящее на воздух. Это обнаруживается при полете птиц, которые, ударяя своими крыльями по воздуху, производят звук тем более низкий или высокий, чем медленнее или быстрее движение их крыл (E, 28об.).

О равных и подобных друг другу движущихся телах, приводимых в движение рав-

ными силами. Из равных и подобных друг другу движущихся тел, приводимых в движение равными и подобными друг другу силами в одинаковой среде, то тело будет обладать более долгим движением, отделившись от своего двигателя, которое дольше будет сопровождаемо своим двигателем. Доказательство: возьмем для такого доказательства два артиллерийских орудия, равных по калибру, пороху, весу ядра и действенности пороха; тогда более короткое будет менее сопровождать движимое своей силой (Е, 29).

О движении и тяжести. При равных движениях, совершаемых в одинаковое время, всегда движущее будет обладать большей силой, чем движимое им. И движущее будет сильнее движимого настолько, насколько движение такого движимого превосходит длину движения движущего; а разница между силой движущего и силой движимого будет тем меньше, чем меньше длина движения, совершаемого движимым, превосходит движение движущего. Но пойми, читатель, что в данном случае приходится считаться с воздухом, который тем более уплотняется перед движущимся телом, чем бо́льшую скорость оно имеет, ибо этот воздух способен уплотняться до бесконечности. Этого не может произойти с движениями, которые совершают тела в воде, ибо вода неспособна уплотняться, что доказывается путем помещения ее в сосуд с узким отверстием: нет такого инструмента, который дал бы возможность поместить туда больше, чем позволяет натуральная емкость сосуда. Обратное имеет место с воздухом: если загнать его силой в сосуды с очень узким горлышком, содержащие некоторое количество воды, и наклонить такой сосуд с тем, чтобы находящаяся в нем вода оказалась между отверстием сосуда и сжатым воздухом, то напор его выгонит воду из сосуда с такой силой, что она на далекое расстояние будет распространяться в воздухе, до тех пор пока воздух, остающийся в сосуде, не вернется к прежней своей разреженности.

Но, возвращаясь к предмету нашего изложения, мы скажем, что из движущихся тел одинаковой тяжести то будет обладать более медленным движением, которое занимает больше воздуха лицевой

своей поверхностью, рассекающей этот воздух. И, наоборот: занимая меньше воздуха, оно производит обратное, если только не достигает такой тонкости, что вес его пропадает, ибо там, где нет веса, там нет и пространственного движения через воздух.

Не может происходить никакого движения в воздухе, если нет плотности большей или меньшей, чем плотность этого воздуха. И если противник сказал бы, что ту самую плотность, которую приобретает воздух, уплотняющийся перед движущимся телом, приобретает воздух и перед тем, что приводит в движение это тело, и приобретает ее тем более, что двигатель находится в соприкосновении с бóльшим количеством гонимого и уплотняемого воздуха, нежели движимое тело, как мы это видим на примере руки, бросающей камень в воздух, то здесь ответ гласит: движение движущего, находящегося в контакте с движимым, не может быть ни более, ни менее быстрым, чем движение движимого, и никогда, ни в какой части [последующего] приобретенного движения скорость движимого не может оказаться равной той скорости, которую имеет движение движущего.

И это доказывается тем приобретенным движением, когда движимое с каждой единицей движения приобретает единицу медленности.

Впрочем, удар этого движимого бывает больше на некотором расстоянии от движущего, нежели вблизи от него. Мы видим это на примере стрелы лука, которая приложена острием к дереву. Хотя тетива и гонит стрелу со всей силой лука, стрела весьма незначительно проникает в дерево; обратное этому происходит, когда стрела обладает некоторым движением.

Некоторые говорят, что при своем движении стрела производит волну воздуха перед собою, каковая волна, благодаря своему движению, не мешает полету такой стрелы. Но это ложно, ибо всякое движимое ослабляет движущее и мешает ему. Итак, если воздух, образующий вóлны перед стрелой, образует эти волны, благодаря ее движению, то он мало или вовсе не способствует движению стрелы, которая приводит его в движение и вместе с тем должна приводиться

в движение им же. Наоборот, воздух мешает движению движущегося тела и сокращает это движение.

Импульс, порожденный в неподвижной воде, производит иное действие, чем импульс, порождаемый в неподвижном воздухе. Доказательство: вода сама по себе никогда не уплотняется при каком-либо движении, совершаемом на ее поверхности, в отличие от воздуха, испытывающего толчки движущегося тела. Хорошее указание на то, что вода сама по себе скапливается между поверхностью и дном, дают нам мелкие пузырьки: они кружат, когда вода заполняет пустоту, оставляемую за собой рыбой, рассекающей воду. Движения этой воды ударяют и гонят такую рыбу, ибо в воде только та вода имеет тяжесть, которая обладает движением. И это есть главная причина, почему возрастает движение у того, что приводит в движение эту воду (С. А., 108 а).

Столько силы, сколько затратишь на натягивание своего лука, столько же выявится, когда лук будет спущен, и эта сила будет сопровождать предмет, который приведен в движение, вплоть до места попадания стрелы. Иными словами: с такой же силой, с какой натянешь лук, с такой же устремится спущенная стрела (А, 30).

Если ты сравнишь первичное движение с производным, то между ними ты найдешь такое отношение, в каком находились тяжести, причины этих движений; так что соотношение между движением стрелы и движением выбросившей ее тетивы будет такое же, какое между тяжестью, нагружавшей самострел, и тяжестью стрелы (С. А., 27об. b).

Возможно определить движение стрелы, зная ее вес, а также вес, который нагружает самострел, благодаря движению его тетивы.

Каково отношение между весом стрелы и весом, натягивающим тетиву самострела на ее собачку, таково же отношение между движением тетивы, гонящей стрелу, и движением, совершаемым этой стрелой, при условии, что эта стрела соразмерна силе этого самострела.

Если ты возьмешь стрелу, выпущенную из самострела, измеришь весь ее путь и разделишь его на 3 и $^1/_7$, вообразив колесо такого диаметра, а также разделишь ход тетивы самострела на 3 и $^1/_7$ и вообразишь подобную окружность, поместив стрелу на это колесо в

качестве рычага, а в качестве противорычага взяв тетиву самострела, ты увидишь, что при помощи тяжести этой стрелы тетива натянута на собачку.

Если стрела пролетела 300 локтей, построй окружность колеса в 300 локтей, и если тетива подвинулась на $^1/_3$ локтя, сделай окружность меньшую — в $^1/_3$ локтя. Теперь смотри: радиус колеса в 300 локтей имеет 50 локтей, и таким же образом радиус окружности в $^1/_3$ локтя есть $^1/_{18}$ локтя. А теперь скажи: 50 раз 18 составляет 900; итак, ты имеешь 900 для рычага против 1 [для противорычага] (В. М., 151об.).

Сила и движение. Если колесо будет в продолжение известного времени приводиться в движение известным количеством воды и если вода эта не сможет возрасти ни в скорости, ни в количестве, ни в отношении высоты падения, деятельность такого колеса кончена. Иными словами, если колесо движет машину, невозможно ему приводить в движение две, не употребляя вдвое больше времени, т. е. сделать столько же в час, сколько с двумя машинами тоже в час; так одно колесо может вращать бесконечное число машин, но в течение очень долгого времени они сделают не более, чем первая в час (А, 30).

Если двое совершают одно и то же странствие в одно и то же время, тот, кто часто бежит с частым роздыхом, потратит труда столько же, сколько тот, кто идет без перерыва медленно (С, 7об.).

Когда порох воспламеняется с большей быстротой, он гонит дальше. Какую форму должен иметь порох, чтобы воспламеняться быстрее или медленнее? Какая разница, если давать огонь в нескольких местах на протяжении казенной части бомбарды? Какая разница давать огонь в одном месте казенной части бомбарды: в начале, в середине или на трети ее длины? Какая разница, расположены ли два отверстия друг против друга в поперечном направлении или в в продольном? Если в жерло бомбарды поставлена другая бомбарда, которая стреляет в тот самый момент, когда ее тяжесть приходит в движение, то получилось бы быстрое движение, но оно было бы подобно тому, которое производит оперение железной стрелы (ferro impennato) (I, 132об.).

Как будет действовать бомбарда, согнутая в стволе? Как будет она действовать, если казенная часть ее соединена под углом со

стволом и притом под разными углами? Как будет действовать эта бомбарда, если несколько казенных частей соединены с одним стволом? Как она будет действовать, если несколько стволов выходят из одной казенной части? Какая разница, если при одном и том же весовом количестве пороха ствол длинный, короткий, круглый или четырехугольный? Где порох, будучи воспламенен, производит наибольший импульс, находясь в бомбарде? Способ измерять, какое количество пороха содержится в квадратном локте (I, 133).

О движении ядер бомбард и о качестве ствола и казенной части бомбард. Будет ли насильственно движимое ядро обладать бо́льшим движением, чем то, которое пущено с легкостью, или же нет? Если бомбарда выбрасывает 100 фунтов ядер, лучше ли класть 2 ядра по 50 фунтов, вместо одного, и делать стволы узкими, или из широкого ствола стрелять одним ядром в 100 фунтов? Если бомбарда способна выпускать 2 или 3 ядра с легкостью, я спрашиваю, лучше ли делать ядро удлиненным или нет? Если бомбарда выбрасывает тяжесть в 100 фунтов на милю, на какое расстояние выбросит она за один раз 100 ядер по фунту каждое? Хорошо или нет, чтобы пустота в бомбарде была везде одинаковой? Лучше ли бомбарда узкая около выхода и широкая у начала или узкая у начала и широкая около выхода? (I, 133об.).

Если бомбарда поставлена на землю, чурбан, солому или пух, какая разница будет в отдаче? Будут ли хорошо стрелять две бомбарды в противоположных направлениях, если их казенные части приставлены друг к другу по прямой линии? Если бомбарда стреляет на море или на суше, какая разница в ее силе? Какая разница в движении [цели] кверху или поперек, в сырую или в сухую погоду, в ветреную, дождливую или снежную,— навстречу, поперек или вбок от направления ядра? Где ядро претерпевает больше отскоков — от скал, земли, воды? Почему гладкая бомбарда более быстра, чем неровная? Переворачивается ли ядро в воздухе или нет? О природе мест, испытывающих удары от подобных ядер (I, 134).

О толщине бомбарды. Бомбарда должна вмещать ядро в 600 фунтов и больше по следующему правилу: ты измеришь диаметр ядра и разделишь его на 6 частей, одна из этих частей будет толщина [стенок] бомбарды спереди, а сзади — всегда вдвое меньше. И если ядро весит 700 фунтов, то $^1/_7$ диаметра ядра будет толщиною спереди; а если ядро весит 800, то $^1/_8$ диаметра — спереди; если 900, то $^1/_8$ и $^1/_2$; и если 1000, то $^1/_9$.

О длине ствола бомбарды. Если хочешь, чтобы она метала каменное ядро, делай длину ствола равной от 6 до 7-кратного диаметра ядра. А если ядро железное, делай означенный ствол до 12-кратного ядра. И если ядро свинцовое, ты будешь делать длину до 18 ядер. Я говорю о случае, когда бомбарда имеет жерло, способное вмещать ядро в 600 фунтов и больше.

О толщине пищали (passavolante). Толщина пищали спереди не должна превышать $^1/_2$ до $^1/_3$ диаметра ядра. А длина — от 30 до 36 ядер (Tr., 116).

О падении тел

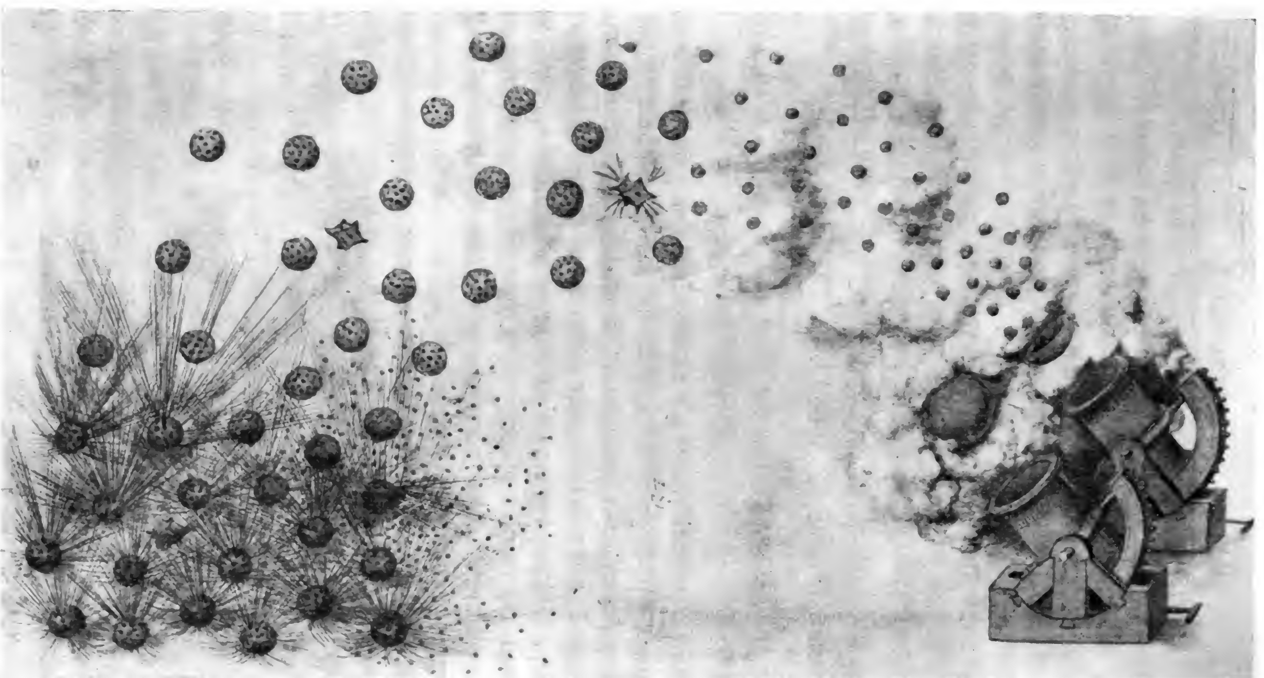
Я спрашиваю: что быстрее — искра, взлетающая ввысь и живая, или та, которая возвращается вниз, мертвая? (Forst. III, 75об.).

О тяжестях. Всякая тяжесть стремится упасть к центру по самому короткому пути.

Тяжести. Самая длинная линия в падающей тяжести будет та, которая совпадает с направлением движения этой тяжести, если последняя однородна.

Всякий груз стремится упасть к центру по наиболее свободному пути (C, 28об.).

Всякое природное действие совершается кратчайшим путем, и вот почему свободное падение тяжести совершается к центру мира, так как это — наиболее короткое расстояние между движущимся телом и самым низким местом вселенной (G, 75).



Проект пушек, стреляющих разрывными снарядами (С. А., 9об. а)

Центральная линия тяжелого тела есть та линия, которая идет от центра его тяжести до центра мира.

Центральная линия движения тяжелых тел есть линия, которая проходит через центр толщины этого движения и кончается в центре величины этого тела.

Центральная линия удара есть линия, рождающаяся в движимом теле в точке удара и проходящая через середину тяжелых тел, из которых верхнее всегда по весу равно нижнему (В. М., 92об.).

Стремление всякого тяжелого тела — в том, чтобы его центр стал центром земли (Forst. III, 66об.).

Всякое движущееся тяжелое тело направляется к середине и чем оно тяжелее, тем быстрее опускается (С. А., 133 b).

Доказано в первой книге «О тяжестях», что у тяжелых тел одинаковой толщины отношение между скоростью и длиной пути в их движениях таково, каково отношение между движущимися тяжестями. То есть, если будут два тяжелых тела одинаковой толщины и одно будет в два раза тяжелее другого и если в одно и то же мгновение предоставить им падать в воздухе, я утверждаю, что, поскольку одно тело вдвое тяжелее другого, движения их будут находиться в том же отношении, как и скорости.

В тяжелых телах одинаковой толщины отношение скоростей и тяжестей одно и то же (С. А., 124 а).

О д в и ж е н и и. Если с высоты вниз станут падать два неодинаковых сферических тяжелых тела, состоящих из одинакового материала и начавших падать одновременно, то одно будет падать быстрее другого во столько раз, сколько раз диаметр одного содержится в диаметре другого.

Если фунт тяжести должен падать, встречая сопротивление в фунт, он не сдвинется и останется на том же уровне; а если сверху будет прикреплен другой фунт, он спустится к земле в определенное количество времени; и если сверху на нем нарастет еще фунт, весь груз опустится с удвоенной быстротой (А, 22об.).

Опыт. Если ты хочешь испытать, насколько быстрее падает груз в одну унцию по сравнению с грузом в две унции, падая с одной и той же высоты, сделай так: возьми два куска пробки одной и той же толщины, но двойной длины, т. е. такие, чтобы тот, который весит две унции, был вдвое длиннее другого, брось их вместе в одно и то же время с высоты колокольни и следи за меньшим, который остается сзади, замечая глазом отметки на стене или камнях, мимо которых он пролетает; когда ты услышишь, что две унции ударились о землю, заметь, против какого камня колокольни груз в одну унцию пришелся, и затем измерь, какой путь совершила унция, когда две унции ударились о землю (А, 30об.).

Если вес одного из двух шаров того же материала вдвое больше веса другого, то при одновременном падении с одной и той же высоты первый не будет падать столько же времени, сколько другой; больший — не столько же, сколько меньший (А, 34).

Если две равные тяжести расположить по отвесу одну ниже другой и в один и тот же момент предоставить им возможность падать, то при долгом падении они уничтожат расстояние между ними и станут касаться друг друга.

Когда воздух без тумана или облаков, ты найдешь, что с каждой ступенью своей высоты он приобретает ступени тонкости. И, наоборот, с каждой ступенью своего понижения он приобретает ступени плотности. Поэтому если двум равным телам, расположенным одно под другим на расстоянии одного локтя и связанным нитью, дать падать вместе, то при долгом движении они соприкоснутся, ибо нижнее всегда находится в более плотном воздухе, чем верхнее; и, кроме того, первое трудится, рассекая воздух и приводя его в волнообразное движение, причем этот воздух частично уходит вниз, джострирует[28] и ударяет крутящимися движениями во второе тело, а другой, верхний воздух, устремляется, чтобы заполнить пустоту, остающуюся за этим телом (М, 43об.).

Доказательство пропорциональности времени и движения со скоростью, образующей при падении тяжелых тел пирамидальную

фигуру, ибо названные потенции все пирамидальны, начинаясь с ничего и постепенно возрастая по ступеням арифметической прогрессии.

Если ты рассечешь пирамиду на любой ступени ее высоты линией, параллельной основанию, ты найдешь, что так же, как расстояние от этого сечения до основания относится ко всей высоте этой пирамиды, так же ширина этого сечения относится к ширине основания. Посмотри, что *ab* есть $^1/_4$ *ae* и также сечение *fb* есть $^1/_4$ основания *ne* (M, 44).

В одинаково плотном воздухе падающий груз с каждой ступенью времени приобретает ступень движения по сравнению с предшествующей ступенью времени и также по сравнению с предшествующей скоростью ступень скорости. Так в двойное время удваивается длина падения, равно как и скорость движения.

Здесь показывается, что то же отношение, в котором находится одно количество времени с другим, будет существовать и между одним количеством скорости с другим (M, 44об.).

О движении. Свободно опускающаяся тяжесть с каждой ступенью времени приобретает ступень движения и с каждой ступенью движения приобретает ступень скорости (M, 45).

Свободно падающая тяжесть приобретает с каждой ступенью движения ступень тяжести. Это вытекает из 2-го [положения] 1-й

[книги], гласящего, что то тело будет тяжелее, у которого сопротивление меньше (М, 46).

Тяжесть, которая опускается свободно, с каждой ступенью движения приобретает ступень скорости, и часть движения, совершаемая в каждую ступень времени, становится последовательно более длинной, — последующая в сравнении с предыдущей.

Что это истинно, ясно доказывается предложенным выше, поскольку за то же самое время, пока тяжесть *a* опускается в *c*, тяжесть *b*, оказываясь в 15 раз более быстрой, чем *a*, проходит за то же время в 15 раз большее пространство при спуске (М, 49).

Если многим телам равного веса и формы будет предоставлено падать одному за другим через равные промежутки времени, то разности их интервалов будут равны между собой.

Доказательство на основании 5-го [положения] 1-й [книги], гласящего: «Падающее тело с каждой ступенью движения приобретает равные ступени скорости». Поэтому гораздо быстрее движение последнего снизу, чем первого сверху; и в соответствии с 8-м [положением] 1-й [книги], гласящим: «В таком же отношении будет стоять верхняя пара со своим интервалом к интервалу нижней пары, в каком находятся скорости нижней пары и верхней»; в соответствии с этим положением будет справедливо и обратное: скорости к расстояниям будут стоять в том же отношении, в каком расстояния к скоростям (М, 57об.).

Опыт, подтверждающий вышеприведенное заключение о движении, должен производиться следующим образом, а именно: должны быть взяты два шарика равного веса и формы и отпущены падать с большой высоты, так, чтобы в начале своего движения они касались друг друга, а экспериментатор пусть стоит на земле, чтобы видеть, сохранилось ли при их падении соприкосновение или нет. И такой опыт должен производиться много раз, дабы какое-нибудь случайное обстоятельство не помешало этому доказательству или не исказило его, ибо опыт может оказаться ложным и обмануть или не обмануть экспериментатора (М, 57).

Определение движения дискретной величины. Естественное движение тяжелых тел с каждой ступенью падения приобретает ступень скорости, а потому такое движение в отношении приобретаемой им силы изображается посредством пирамидальной фигуры, ибо и пирамида также приобретает с каждой ступенью своей длины одну ступень ширины; поэтому такое соотношение между приращениями образует арифметическую прогрессию, ибо разности постоянно равны (M, 59об.).

Здесь рождается сомнение, касающееся падения дискретных величин, а именно шариков, которым дают падать через равные промежутки времени. Оно состоит в следующем: если ты хочешь, чтобы приращения находились в непрерывной арифметической прогрессии, то второй шарик должен быть превзойден первым на двойное расстояние, проходимое им при своем движении, а сотый не будет превзойден больше чем на 100 расстояний; если же ты хочешь, чтобы эти разницы составляли непрерывную геометрическую прогрессию, и если бы ты учинил падение в миллион миль, ты увидел бы, что время последнего шарика не отвечает времени первого ⟨...⟩.

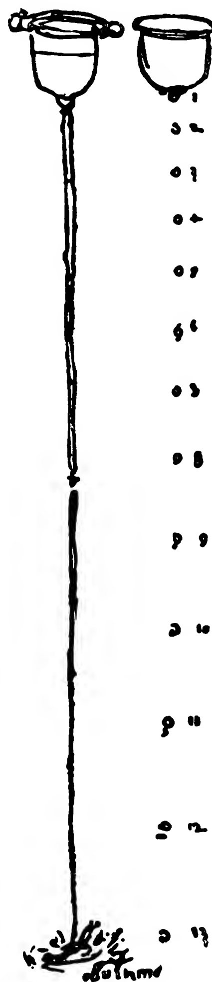
Опыт. Загони 25 шариков черботаны одинакового веса в трубку так, чтобы они лежали один над другим по отвесу, и помести их в высоком месте; открой посредством нити и стой внизу. Движение не даст тебе увидеть равных промежутков. Проверь (С. А., 147 а).

О движении. Тяжелое тело, которое падает свободно, с каждой ступенью движения приобретает ступени скорости и тяжести.

Все вещи, которые толкают одна другую, будут обладать одинаковым движением и будут соприкасающимися или непрерывными.

Я даю вытекать воде из сосуда с высоты 50 локтей так, чтобы струя вытекающей воды имела в длину 50 локтей. Спрашивается: в каком из локтей будет находиться бóльшая тяжесть воды — в первом или последнем?

Еще: я даю падать с высоты 50 локтей 50 шарикам с равными интервалами времени, т. е. даю падать первому, потом второму; ин-



тервал будет музыкальной стопой (tempo musicale). Такой же промежуток будет между вторым и третьим и т. д., вплоть до последнего, так что, прежде чем последний шарик начнет падать, первый вместе с другими еще будет в воздухе. Я спрашиваю: из промежутков между этими шариками какой будет больше — первый или последний?

Воздух рассеивает воду и заставляет ее медлить: следовательно, удар везде одинаков. Я говорю, что если вода, спускаясь ниже, производит больший удар, то это потому, что вся она вместе взятая имеет бо́льшую тяжесть в воздухе и упор имеет только внизу, вверху же не имеет опоры, наоборот, испытывает толчок.

Вода, бьющая ввысь, с каждой ступенью движения приобретает ступени плотности и медленности...

Нет действия в природе без причины; постигни причину и тебе не нужен опыт.

Чтобы определить падение шариков, или, иначе говоря, свойства интервалов между ними, я говорю на основании 9-го [положения] этой [книги], что при разделении высоты падения каждого шарика на равные друг другу ступени шарик приобретает с каждой ступенью движения ступень скорости. Следовательно, пропорция этих скоростей является непрерывной арифметической пропорцией, ибо пропорционируются друг с другом приросты, или разности скоростей. Отсюда я заключаю, что промежутки были равные, ибо они всегда превосходят или превышают друг друга и т. д. (С. А., 147об. а).

Дабы на опыте изучить соотношение интервалов при падении одинаковых и однородных тяжелых тел, пусть будет поставлена

внизу по отвесной линии доска *mn* и пусть будет хорошенько покрыта замазкой и с ней пусть будет в виде книги соединена доска *op* и пусть можно ее сразу, как видишь, стягивать двумя веревками; и на верхнем конце этой покрытой замазкой доски пусть будет помещен нижний конец черботаны, снизу закупоренной и наполненной шариками одинакового веса и формы. Затем хорошенько укрепи трубку и покрытую замазкой доску и открой черботану; и когда увидишь первый шарик на середине доски, внезапно приведи в действие противовес, обе доски сожмутся, все падавшие шарики застрянут в этой замазке, и ты сможешь затем измерить соотношение различных их интервалов. И если захочешь увидеть падение воды, сделай то же с просом, высыпающимся из воронки и взвесь затем от локтя к локтю и увидишь, который из локтей содержит его более.

В случае непрерывной величины никакая вещь, растопленная на огне, не годится, ибо первая часть охлаждается и застывает, когда последняя еще жидкая.

Если хочешь произвести это испытание, черботана не годится, ибо последний шарик в черботане падал бы с большей высоты, чем первый, а потому его движение было бы более быстрым.

Этот самый способ будет хорош для того, чтобы на опыте проверить падение двух тел, из которых одно вдвое тяжелее другого, и ты увидишь, действительно ли при падении более легкое пройдет половину пути, когда более тяжелое коснется земли (С. А., 151об. а; ср. Т. А. V, 24).

О пропорции. Испытай: из многих маленьких камешков разной величины проходит ли более тяжелый больший путь, проходит ли он больший или меньший путь, будучи брошен отдельно или вместе с другими, при помощи того же орудия и с той же силой, а

также пройдут ли то же самое расстояние камни одной формы и одного веса, каковы шарики черботаны, если ими выстрелить с одной и той же силой в одно и то же время? (В, 81).

Равные по весу. Я хочу увидеть, замедляет ли движение [бóльшая] длина одного тела, благодаря большей площади его соприкосновения? Когда ты даешь падать двум тяжелым телам, одно из которых вдвое тяжелее другого, помести их нижние концы на одинаковом уровне и поставь на середине пути их общего падения доску под более легким грузом, а другую доску поставь в конце того пути, который должно пройти более тяжелое тело; затем расположи свое ухо между обеих досок и, держа в руках нить, отпусти оба груза и слушай звук от двух падающих тел, ударяющих о доски,— слитный ли он или нет? и если он не слитный, примечай затем, какой из грузов ударит раньше, и выведи отсюда свои правила (С. А., 151об. а).

О ты, говоривший, что, давая упасть двум тяжестям с равной высоты, причем эти тяжести находятся в полуторном отношении [3 : 2] между собою, что времена их падения будут относиться, как 2 : 1, ты ошибался, желая отбросить сопротивление воздуха, и показал поистине, что ты не помнишь о том, что взвешивание тяжестей, стоящих друг к другу в отношении 3 : 2, происходило при действии сопротивления воздуха (С. А., 165 а).

Тяжелое тело опускается благодаря недостатку сопротивления, и то сопротивление, которое слабо, скорее уступает ему место.

Тяжелое тело без опоры опускается книзу по кратчайшему пути, но не существует вещи более низкой, чем центр мира. Следовательно, там оно и остановится (В. М., 175об.).

О движении, совершаемом тяжестью. Всякая тяжесть движется в ту сторону, с какой больше весит. И движение тяжести совершается в ту сторону, где она находит меньшее сопротивление.

Более тяжелая часть тел, движущихся в воздухе, становится вождем их движения.

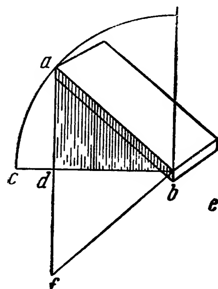
Та тяжесть медленнее опускается в воздухе, которая падает

большей шириной. Отсюда следует, что быстрее опускаться будет та тяжесть, которая сократит свою поверхность.

Свободное падение всякой тяжести совершается по линии ее наибольшего диаметра.

Та тяжесть делается более быстрой, которая сокращается в более компактное тело. Опускание тяжести тем медленнее, чем больше вширь она простирается (Е, 57).

Доска всюду одинаковой толщины и веса, находящаяся в горизонтальном положении, [всем частям] которой будет дана возможность падать одновременно, упадет в однородной и спокойной среде по отвесной линии, заняв [внизу] горизонтальное положение всеми частями [одновременно].



Так, если указанная доска находится в воздухе, который обладает везде одинаковым сопротивлением, причем ее противоположные концы одинаково отстоят от центра мира, и если этим концам вместе со всем целым дана одновременно возможность опускаться в этом воздухе, то, без сомнения, доска станет опускаться по линии, перпендикулярной к плоскости, находящейся под ней, и вся она одновременно ударится и остановится на этой плоскости.

Доказательство. Если противоположные концы падающей доски обладают одинаковым весом и формой вплоть до ее центра, то они обладают одинаковой силой в своем падении; и по 3-му положению, гласящему «равные предметы не превосходят друг друга», они имеют одинаковые возможности для своего падения. И если воздух, как это было принято вначале, обладает везде одинаковым сопротивлением, то он также будет одинаково уступать, пропуская названное падающее тело.

Вообразим, что вся доска разделена на кубики; я утверждаю, что каждый кубик будет иметь сам по себе такое же предрасположение к движению, какое имеет вся доска как таковая, что показывает фигу-

ра *abc*, пересеченная в *d* линией *ad*. Она показывает, что в *a* доска теряет $^1/_4$ веса, т. е. веса, который раньше передавался в *c*, что составляет $^1/_8$ всей доски. Эта $^1/_8$ передается точке *b*; следовательно, *a* имеет $^3/_8$, а *b* имеет $^5/_8$. Теперь, согласно 5-му [положению] 2-й [книги] «Начал», кубик *a* способен опускаться в *d* действием своей естественной тяжести, составляющей один фунт, и способен опускаться в *e*, действуя как $^3/_4$ фунта. Следовательно, всякий кубик как таковой давит по отвесной линии всей своей естественной тяжестью, а по линии *ae* давит $^3/_4$ этой естественной тяжести. По этой причине последняя грань самого нижнего кубика давит на воздух в точке *b* тяжестью 16 кубиков, а каждый кубик имеет в таком воздухе тяжесть, равную $^3/_4$ своей естественной тяжести; так как кубиков всего 16, то получается $^{48}/_4$ кубиков, или 12 целых кубиков.

Следовательно, мы пришли к заключению, что воздух *be* отягощен 12 кубиками, а воздух *ad* тесним силой одного единственного кубика. По этой причине воздух *be* подается в 16 раз легче, чем воздух *ad*. Но воздух *ad* подается вниз, а воздух *be* — по наклону, почему сразу часть *a* оказывается в *f*, а тогда движение переходит с левой стороны на правую; итак, падение подобной доски будет извилистым, криволинейным, изогнутым по дуге прямой хорды (С. А., 66об. а).



О вещах, которые падают в воздухе. Воздух уплотняется впереди тел, которые с быстротой проникают в него, и становится тем более или менее плотным, чем скорость более или менее стремительна.

Доска однородной ширины, длины, толщины и веса не сохранит на большом протяжении свое начальное наклонное движение в проходимом ею воздухе, но повернется назад, а затем вперед, и так извивающимся движением кончит свой спуск. И происходит это оттого, что воздух уничтожает свою однородную естественную плотность, уплотняясь под прямым углом и лицевой стороне доски,— к лицевой стороне, которая ударяет и рассекает этот воздух. Но на

противоположной стороне такой доски он делает обратное, разрежаясь, а разреженный воздух имеет меньшее сопротивление, и по этой причине эта сторона являет себя более тяжелой. Гораздо больше та разреженность, которую находящийся за названной доской воздух приобретает, нежели то уплотнение, которое возникает спереди этой доски. Доказательство, почему воздух уплотняется: воздух уплотняется впереди проходящих сквозь него тел потому, что кто толкает одну часть, не толкает всего находящегося впереди. Этому учит нас подъем воды, образующийся впереди корабля (E, 70об.).

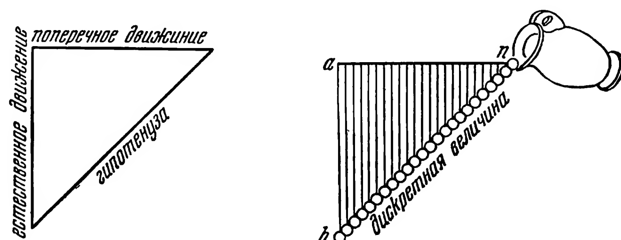
Сделай завтра фигуры, падающие в воздухе, разной формы, из картона, которые будешь бросать с нашего мостика. Потом зарисуй фигуры и движения, которые описывает каждая из них при своем падении на разных частях своего пути (С. А., 375 с).

Воздух без облаков и тумана — вначале плотный, внизу, и с каждым градусом своей высоты пирамидально приобретает градусы тонкости, как показывает линия *an*. Тяжесть же, которая опускается в таком воздухе, также приобретает с каждым градусом движения градус скорости, хотя раньше я и должен был утверждать, что с каждым градусом времени она приобретала на один градус движения больше в сравнении с предшествующим градусом времени. Таким образом, на основании сказанного, я полагаю, что градусы движения в 10 раз сильнее, нежели градусы воздуха, оказывающего сопротивление. Поэтому мы скажем, что первый из указанных градусов, равный 10, по отнятии 1 сопротивляющегося воздуха, дает 9; и второй градус, равный 20, при проникновении в более плотный воздух теряет 2, т. е. от 20 остается 18, как показывает линия *bm*.

a	*b*	*c*
1	10	9
2	20	18
3	30	27
4	40	36
5	50	45
n	*m*	*s*

Линия *cs* будет движением тяжести *bm* минус сопротивление воздуха *an* (М, 43).

Поперечное движение сосуда, из которого высыпается вещество, вместе с естественным движением этого высыпающегося вещества образует две стороны прямоугольного треугольника, гипотенузой которого является высыпающееся вещество.



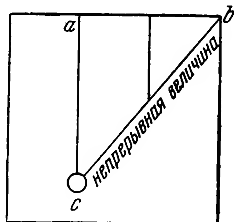
Если вышеназванное поперечное движение равно естественному движению, то гипотенуза отсекает равные стороны у прямоугольного треугольника.

Отношение между поперечным и естественным движением будет такое же, каково отношение между сторонами прямоугольного треугольника, порожденного этими движениями,— сторонами, кончающимися у их гипотенузы.

У дискретной гипотенузы *bn* нижняя часть будет дальше отстоять от поперечного движения, ибо конец *b* первый отделился от *a*, а последнее, что отделилось от этого поперечного движения сосуда, окажется выше, т. е. ближе к устью сосуда, из которого сыплются такие тела.

Спрашивается, почему, если непрерывная величина не обладает таким же падающим движением по кусочкам, как величина дискретная, каждая часть которой опускается по отвесной линии, почему эта непрерывная величина располагается на гипотенузе совершенно так же, как величина дискретная, как это можно видеть в *cb*: конец *c* находится в том же положении, как если бы он падал, начиная с *b*, и движение по *ab* было бы подобно движению дискретной величины,

а гипотенуза не имела бы везде однородную тяжесть... Здесь пока я не могу, как мне кажется, указать иной причины, кроме той, что, повидимому, на основании 7-го [положения] 4-й [книги] вес *c* равномерно распределяется по веревке, на которой он держится и что



такая тяжесть производит униформно-возрастающий вес под линией поперечного движения и униформно соответствует расстояниям груза, подобно тому как и дискретная величина движется от ступени к ступени соответственно ступеням времени, отделяясь от сосуда. Таким образом, это обеспечивает при связных, как и при разъединенных частицах, соответственно те же расстояния, т. е. расстояния до линии верхнего поперечного движения.

Итак, согласно сказанному, все частицы непрерывной гипотенузы падают книзу по линии, перпендикулярной ко всей линии поперечного движения, не иначе, как падает величина дискретная, ибо эта непрерывная величина, не имея поперечного движения, направляет свою центральную линию к центру мира и в таком положении успокаивается.

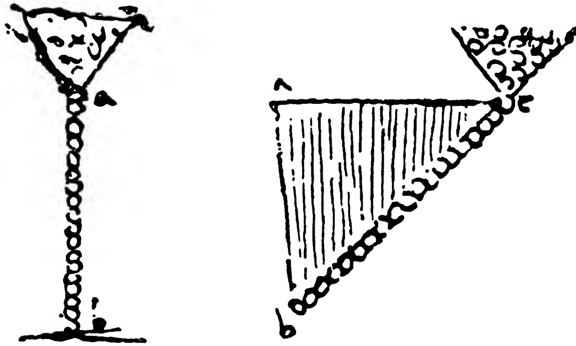
И если ты в поперечном направлении движешь с непрерывной и постоянной скоростью верхнюю часть этой непрерывной величины, нижняя часть ее остается на той же первой центральной линии; таким образом, располагаясь наклонно, она пребывает неподвижной под началом поперечного движения и становится гипотенузой вышеупомянутого прямоугольного треугольника (B. M., 143).

Я убедился на опыте, что *ab*, струя дискретной массы [высыпающейся из сосуда], образуется за единицу времени, равна одному локтю и весит один фунт, так что, можно сказать, первое зернышко прошло это пространство в единицу времени.

Затем сосуд, из которого высыпается эта дискретная масса, я стал двигать в поперечном направлении на расстояние также локтя и также в единицу времени. Тем самым я образовал прямо-

угольный треугольник с двумя равными сторонами и наклонной линией.

Отношение высоты прямоугольного треугольника к основанию, т. е. отношение *ab* к *ac*, будет такое же, как отношение скорости падаю-



щего шарика к скорости того, кто бросает эти шарики, двигаясь по горизонтали из *c* в *a* (В. М., 120об.).

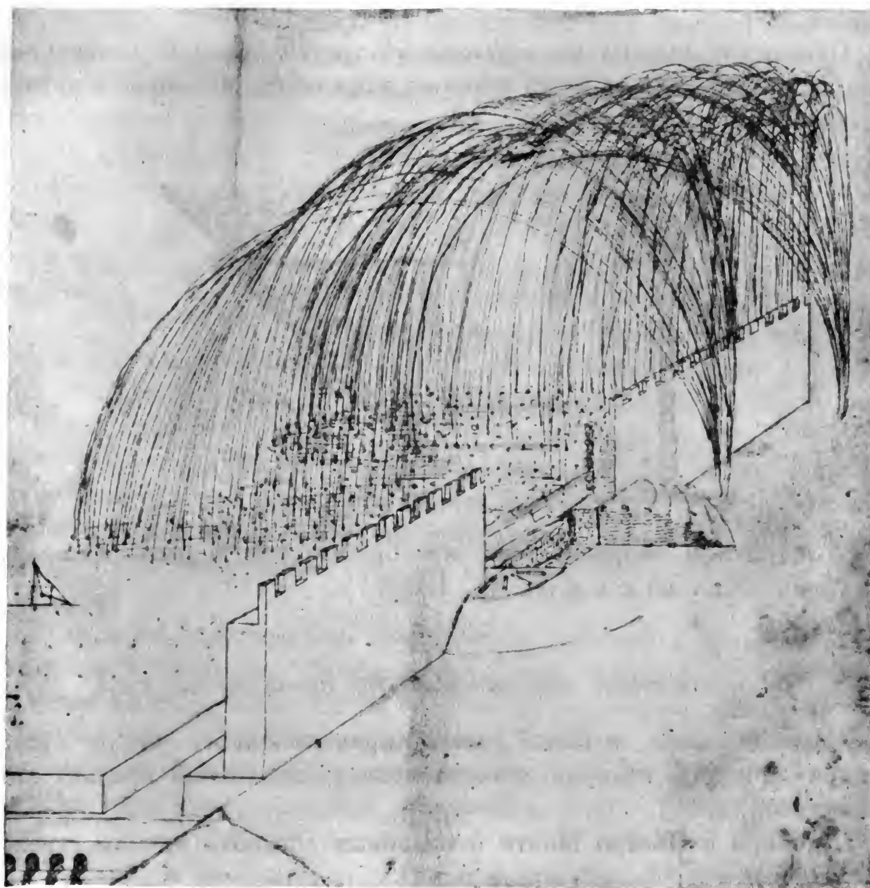
О движении горизонтально брошенных тел

Спрашивается: в какой части криволинейного своего движения причина, которая движет, покинет движимый предмет или движимое?

Поговори с Пьетро Монти о подобных способах пускать стрелы (I, 120об.).

О движении. Из тяжелых тел одинаковой формы то будет гонимо одной и той же силой на более далекое расстояние, которое имеет меньшую фигуру.

Обратное положение. Из тяжелых тел однаковой фигуры, которые будут гонимы одной и той же силой, имеющее бóльшую фигуру будет иметь меньшее движение (М, 62).



Оборона бастионов (С. А., 24)

О беге. Камень или другая какая тяжесть, брошенная с силой, изменит линию своего движения на середине пути. И если ты знаешь, что твой самострел стреляет на 200 локтей, встань на расстоянии ста локтей от колокольни, поставь над колокольней точку прицела и спусти стрелу; увидишь, что на 100 локтей за колокольней стрела вонзится по отвесу; и если увидишь ее такой, это значит, что она прекратила насильственное движение и вступила в движение естественное, т. е. будучи тяжелой, она свободно падала к центру (А, 4).

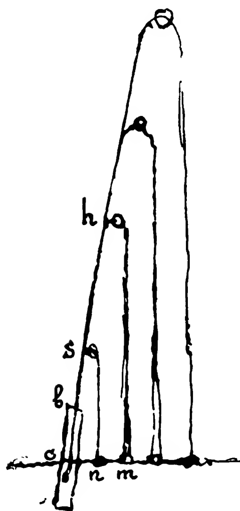
Средина прямого пути, совершаемого тяжелыми телами, которые насильственным движением проходят сквозь воздух, будет наибольшей силы и наибольшего удара о противолежащую им преграду в сравнении с какой-либо иной частью этого пути.

Причина та, что, когда тело разлучается с силой своего двигателя, это тело, хотя разлучение и происходит на первой ступени силы, встречает воздух без движения и находит его в первой стадии его сопротивления; и хотя бы этот воздух оказывал сумму сопротивления бо́льшую, нежели сила тяжелого тела, в нем толкаемого, тем не менее этому телу, воздействующему лишь на малую часть этого воздуха, удается остаться победителем; вот почему оно сгоняет воздух с его места и, гоня, создает некоторую помеху собственной скорости. Воздух этот, будучи таким образом толкаем, толкает и гонит другой и производит за собой круговые движения, в отношении которых движущееся тело всегда оказывается центром, наподобие образуемых в воде кругов, которые делают своим центром место, куда ударился камень. В то время, как один круг гонит таким образом другой, воздух, находящийся перед тем, что его движет, оказывается весь по этой линии подготовленным к движению, которое возрастает тем более, чем более приближается тело, которое гонит воздух; поэтому-то тело, находя меньше сопротивления в воздухе, с большей быстротой удваивает скорость своего движения, наподобие влекомой по воде барки, которая с трудом движется при первом движении, хотя то, что ее движет, и находится в наибольшей своей силе; но когда вода с дугообразными волнами начинает набирать движение, барка, следуя этому движению, находит слабое сопротивление, почему движется с большей легкостью.

Так и ядро, встречая малое сопротивление, продолжает начатый путь до тех пор, пока, несколько покинутое первой силой, не начнет ослабляться и склоняться вниз; вот почему, поскольку меняется направление его пути, дорога, приготовленная перед ним бегущим воздухом, больше не облегчает путь, и чем больше оно склоняется, тем больше разнообразных сопротивлений воздуха оно находит и тем более замедляется, до тех пор пока, вернувшись к естественному движению, оно опять не получит бóльшую скорость. Так и барка, поворачиваясь, замедляет свое движение.

Итак, я заключаю, основываясь на 8-м положении, что та часть движения, которая находится между первым сопротивлением воздуха и началом склонения вниз, будет иметь наибольшую силу, и это есть половина пути, проходимая в воздухе по прямой горизонтальной линии.

И поскольку ни одно место не может оставаться пустым, место, откуда уходит барка, стремится сомкнуться, а потому производит силу, теснит и гонит барку, подобно вишневой косточке, сдавливаемой пальцами (А, 43об.).



Я хочу знать, на сколько выше одна пищаль (passavolante) или ружье (scopietto) стреляет по сравнению с другим. Чтобы сделать это, я закреплю мое оружие по линии *bc* неподвижно так, чтобы оно не меняло своего наклона. Сделав это, я дам ему так мало пороха, что оно выбросит ядро на 2 локтя, т. е. на расстояние *sb*, и замечу точку *n*, где упало ядро; затем я удвою количество пороха и посмотрю, где оно упадет, *m*; и если я найду, что основание *mc* вдвое больше основания *nc*, я буду знать, что высота пирамиды *hc* вдвое больше, чем *sc*.

Отношение между основанием и основанием будет такое же, как между стороной и стороной и между высотой и высотой.

Ты применишь тройное правило и скажешь: если известная мне высота пирамиды *sc* дает локоть основания или если один локоть основания соответствует 10 локтям пирамиды, то сколько дадут 65 локтей второго основания?

Здесь возникает одно соображение, а именно: если первое ядро поднялось на 100 локтей вверх при одной унции пороха, то оно проходило через воздух большей плотности, нежели то, которое поднялось на 3000 локтей. Следовательно, поскольку ядро, поднимающееся на 3000 локтей, с каждыми новыми 100 локтями поднимается в воздух более тонкий, нежели первое, оно постоянно приобретает бо́льшую скорость (М, 53).

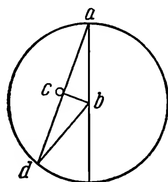
О движении и его пропорции. Если ты хочешь знать, где и в какой части своего пути вещь, увлекаемая действием насильственной причины, имеет наибольшую силу, возьми кусок свежей глины и стреляй в него из самострела с разных расстояний. И там, где одна и та же стрела всего больше вонзится, на таком расстоянии она будет обладать наибольшей силой. Возьмем пример: стрела летит на расстояние в 400 локтей. Пусти ее сначала с расстояния в 25 локтей, затем с 50 и так далее, увеличивая на 25 каждый раз, вплоть до 400. Так ты увидишь, в какой части полета стрела наиболее сильна — на $^1/_3$, $^1/_4$ или $^1/_5$ своего пути (В, 4об.).

О движении. Ядро бомбарды, выпущенное в тумане, совершает гораздо меньший путь и производит меньший удар, нежели ядро, выпущенное в воздухе чистом и тонком. Однако оно произведет значительно больший шум. Я думаю также, что стрела, пущенная наклонно в воду, искривляется подобно тому, как это делает зрительная линия. Это я проверю на опыте, укрепив неподвижно самострел и стреляя по раме, на которой натянута бумага; эта бумага должна быть выше поверхности воды; выстрелив в эту бумагу, удали воду, не сдвигая самострела и бумаги, и откроешь стрелу; при помощи тонкой нити ты

сможешь определить, находятся ли на одной линии прицельные приспособления самострела, центр отверстия и длина стрелы, или же нет. И таким образом ты установишь твое общее правило (Forst. II, 69об.).

О движении по наклонной плоскости

Тяжелое тело, опускающееся по наклону, будет становиться тем более тяжелым или легким, чем более оно подходит к центру мира.



Пусть *ad* — наклон, по которому спускается движущееся тело, *c* — тяжесть, которая движется по этому наклону, *b* — центр мира. Я утверждаю, что чем более эта тяжесть будет двигаться по наклону *ad*, тем более медленной она станет, а следовательно, сделается тем более легкой, чем ближе будет подходить к центру мира *b*. Это положение — софистическое, ибо линия как таковая не расположена наклонно, а находится в горизонтальном положении, поскольку концы ее *a* и *d* находятся на одинаковом расстоянии от центра *b*. Далее, ясно, что истинным является предложенное в 3-м [положении] 2-й [книги], гласящем: «Тот предмет выше, который дальше отстоит от центра мира». А по обратному положению к этому 3-му: «Тот предмет ниже, который ближе к этому центру». Следовательно, мы заключаем, что сказанное нами истинно, ибо *ad* находится на высоте [в *a*], спускается к *c*, и вновь поднимается из *c* к *d*, как это показывают линии *ab* и *cb*, одна из которых короче другой, а третья линия *db* равна *ab*.

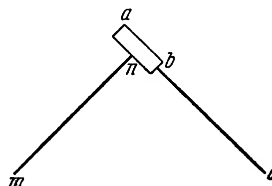
Та тяжесть оказывается большей и движется с большей скоростью и по более длинному пути, которая опускается по менее отлогой линии.

Доказательство. Наименее отлогая линия *ae*, проходящая через центр мира *f*. Более отлоги последовательно одна за другой линии *ad*, *ac* и *ab*. Тяжелое тело *r*, опускающееся по линии *ar*, в конце концов останавливается в центре мира *f*. Тяжелое тело *o*,

опускающееся по наклону *ao*, останавливается в вершине прямого угла, образованного центральной линией этого тела и линией его движения. Следовательно, движение *ao* короче, чем *af*, согласно одному из положения «Начал», гласящему, что «из линий круга, проведенных от конца диаметра, самой длинной является диаметр». Далее идет третье движение, более короткое, чем второе, это — движение *am*; оно кончается в вершине прямого угла и проходит пространство *am*. По тому же правилу совершалось и четвертое движение *an* тяжелого тела, более короткое, чем третье, так как оно происходит по более отлогой линии (B. M., 12об).

Если по двум различным наклонам будут опускаться два груза и отношение между наклонами и грузами будет одно и то же, то в грузах будет одна и та же быстрота опускания (B. M., 76об.).

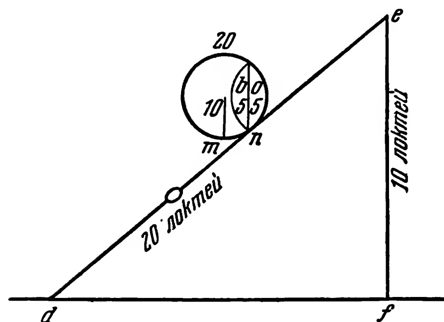
Однородное тяжелое тело, опускающееся по наклону, делит свой вес по двум различным направлениям. Доказательство: пусть *ab* будет движущееся тело, расположенное на наклоне *abc*: я утверждаю, что вес тяжелого тела *ab* делит его тяжесть по двум направлениям, а именно по линии *bc* и линии *nm*; почему иногда вес для одного направления больше, чем для другого, и каков тот наклон, который делит оба веса на равные части, об этом сказано будет в книге «О тяжестях» (G, 75).



Из тел разного вещества и одинаковой формы более веское опускается быстрее.

П р е д л о ж е н и е. То сферическое тяжелое тело будет обладать более медленным движением, чье соприкосновение с плоскостью, по которой оно катится, окажется ближе к отвесной линии его центра.

Доказательство вышеприведенного положения ты найдешь так. Допустим, что плоскость, которой названный шар касается, будет обозначена линией *de*, что точка соприкосновения этого шара с плоскостью находится в *n* и что отвес линии, падающей из центра на поверхность, проходит через *m*; тогда ясно, чем дальше *m* от *n*, тем линия *de* более вертикальна, и чем ближе *m* от *n*, тем более горизонтальна линия *de*, а вес части вправо от *n* тем более сходен с весом части влево от *m*.



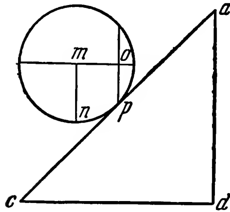
Я утверждаю, что если шар касается линии *de* в точке *n* и если он весит 20, а часть *n*, обращенная в сторону подъема плоскости, весит 5, то ясно, что часть *n*, обращенная в сторону спуска и равная 5, окажется равной части, обращенной в сторону подъема, т. е. *b* уравновесит *o*, что дает 5 на каждую часть, а вместе 10. Следовательно, если отделить одну половину этого шара, то одна половина, а именно *bo*, оказалась бы без движения, а другая имела бы движение. Отсюда можно заключить, что этот шар, падая по линии *de*, производит тяжесть и движение в 10 фунтов; а падая по линии *ef*, произвел бы движение и тяжесть в 20 фунтов.

Из тел одинаковой формы и разного веса то, которое имеет бо́льшую тяжесть, падает скорее. Итак, если шар в 20 фунтов станет падать по линии *ef*, он будет весить 20, т. е. вдвое больше, и вдвое быстрее упадет. Следовательно, поскольку линия *de* имеет 20 локтей, а линия *ef* — 10, названный шар достигнет линии *df* в четыре раза скорее по линии *ef*, нежели по линии *de* (C. A., 338 b).

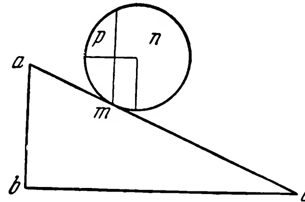
О движении. Сферическое тяжелое тело само собою станет приобретать тем более быстрое движение, чем дальше точка со-

прикосновения его с местом, по которому оно катится, будет находиться от отвеса его центральной линии.

Чем короче *ad* в сравнении с *ac*, тем медленнее шар будет падать по своей линии [*ac*] в сравнении с линией *ad*. И более медленно во столько раз, во сколько раз часть *o* меньше части *m*; ибо поскольку *p* является полюсом шара и поскольку над *p* находится часть *m*, шар падал бы более быстрым движением, не существуй того небольшого сопротивления, которое ему оказывает в качестве противовеса часть *o*. И если бы не было этого противовеса, шар опускался бы по линии *ac* во столько раз быстрее, сколько раз *o* содержится в *m*. Так, если бы часть *o* содержалась бы в части *m* сто раз, и если бы при движении шара отсутствовала часть *o*, то он скатился бы быстрее, в $^1/_{100}$ времени; *mn* - центральная линия, *p* — полюс, где шар касается плоскости, и чем больше расстояние *np*, тем быстрее катится шар (A, 52).



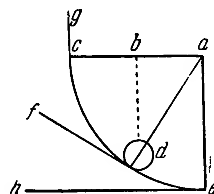
Сферическое тяжелое тело получит движение тем более быстрое, чем более касание его с местом, где оно катится, удалено от отвеса его центральной линии. Насколько *ac* длиннее *ab*, настолько медленнее шар будет падать по своему пути [*ac*], нежели по линии *ab*, и настолько медленнее, сколько раз часть *p* содержится в части *mn*. Ведь при *m* — полюсе шара, если бы над *m* была только часть *n* и она не имела бы незначительного противовеса *p*, шар спускался бы быстрее настолько, сколько раз *p* содержится в *n*, т. е. если *p* содержится в *n* сто раз, то он спустится медленнее на $^1/_{100}$ того времени, в которое спустился бы, если бы части *p* не было (C. A., 210об. a).



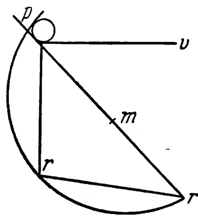
Всякое тяжелое тело, взятое само по себе, весит по направлению своего движения, в направлении к тому месту, куда движется.

Сферическая тяжесть, катящаяся по ровному месту, распределяет свой вес по двум направлениям, одно из них — в сторону места, куда она движется, другое — в сторону центра мира; и медленное движение утяжеляет ее по направлению к центру мира, а быстрое — облегчает в отношении этого центра (С. А., 354об. а).

Та тяжесть будет двигаться всего труднее, которая будет подниматься по линии менее отлогой. Так, если тяжесть *e* подвешена на веревке *ae*, то веревка *eh*, движущая ее под прямым углом *aeh*, будет двигать ее без какого бы то ни было напряжения в движении [так как тяжесть — вся на веревке *ae*]. Если же названный груз будет помещен в прямой угол *acg*, то *gc* будет нести всю сумму этой тяжести.



У того тяжелого тела тяжесть будет бóльшая, у которого центральная линия наиболее удалена от центральной линии подвеса. Доказывается это тем, что у груза *d* центральная линия *bd* — на половине расстояния *ac* и потому он становится вполовину легче груза *c*, ибо веревка *df* ощущает у *d* только 2 фунта из 4, а веревка *gc* в *g* ощущает все 4 фунта *c*. Но если хочешь убедиться, что в *d* только 2 фунта, ты должен подвесить груз по его центральной линии в *b* и увидишь, что, так как линия *ab* является половиной линии *ad*, груз 4, который тягой из *f* превращается в 2, опять станет равен 4 на линии *db* благодаря плечу рычага *ab*, вполовину меньшего, чем противорычаг *ad* (С. А., 365об. а).



Тяжесть *p* будет опускаться быстрее по дуге, чем по хорде, и причина заключается в том, что половину дуги, от *p* до *r*, она падает по отвесной линии, а остаток пути есть отраженное движение, скорость которого составляет $^7/_8$ скорости падающего, как доказано в 5-м [положении]. И если ты дашь такой тяжести опускаться по хорде *pn*, то все это движение вдвое медленнее, чем движение *pr*, т. е. составляет $^4/_8$; а мы

уже сказали, что отраженное движение *rn* составляет $^7/_8$ движения *pr*.

Мы скажем, что тяжесть *p*, опускаясь по *pr*, опускается с 8 ступенями скорости и прошла половину дуги *prn*; отраженное движение *rn* уменьшилось на $^1/_8$ по сравнению с движением падающим, что в итоге дает 8 и 7, т. е. 15 ступеней времени, за которое тяжесть *p* прошла дугу и достигла *n*. А если эта тяжесть опускается по хорде *pn*, она опускается вдвое медленнее, нежели по отвесной линии *pr*, ибо эта хорда рассекает пополам прямой угол *rpv*.

Итак, очевидно, что эта половина более медленная. Вот почему, если за 8 ступеней времени тяжесть прошла половину дуги, то она прошла бы половину ее хорды в 16 ступеней времени. Далее: вторая половина дуги проходима с 7 степенями силы, а остальная часть хорды проходима в 16 [ступеней времени]. Таким образом, в итоге хорда проходится в 32, а дуга в 15 [ступеней времени].

Скорость тяжести по дуге, т. е. 8 и 7 степеней скорости. Скорость тяжести, опускающейся по хорде, вдвое медленнее, ибо такой хордою прямой угол *rpv* рассекается пополам, а потому скорость вдвое медленнее, чем скорость по отвесной линии *pr*. Поэтому тяжесть будет вдвое медленнее, и мы скажем на основании этого, что тяжесть спускается по хорде с 4 и 4 степенями скорости, а по дуге с 8 и 7 степенями этой скорости, что составляет для дуги 15 степеней скорости, а для хорды 8.

Следовательно, по дуге тяжесть движется быстрее, чем по хорде, на всю разность между 15 и 8, что составляет 7. Иными словами, она быстрее на $^7/_8$ (V. U., 1об.)

Об ударе

Удар (percussione) разделяется на книги: в первой из них показан такой удар двух тел, когда ударяющее движется к неподвижному ударяемому; вторая посвящена ударяющему и ударяемому, которые оба движутся одно к другому; третья — о текучих

материях (materie liquide); четвертая — о гибких телах, пятая <...> (С. А., 241 а).

Об ударе в цельное движущееся тело. Об ударе в нецельное движущееся тело при равенстве его веса с весом ударяющего тела. Об ударе в нецельное движущееся тело, имеющее больший вес, чем ударяющее тело. О нецельном ударе, когда ударяющее тело имеет больший вес, чем нецельное тело.

О нецельном ударяющем теле, состоящем из многих частей. Об ударяющем теле из разных веществ. О нецельном ударяющем теле разной плотности.

О теле, ударяющем по предмету, который обладает таким же движением по той же самой линии. Об ударяющем теле, которое устремляется за движимым телом по отклоняющейся линии. Об ударяющем теле, навстречу которому ударяемое тело движется под углом.

Проникает ли удар тотчас же в ударяемый предмет?

Вредит ли удар, нанесенный предмету, опоре этого предмета?

Чувствуют ли третий, четвертый и пятый объекты удар так же, как и первый?

Удар мягких тел, каковы свинец, раскаленное железо, горшечная глина и т. п. Об ударе текучих тел (liquidi), каковы воздух, огонь, вода, пыль, песок и т. п.

Об ударе разными местами длины палки. Об ударе двух длинных тел в середине, трети или четверти их длины. Об ударе длинных тел неодинаковой толщины в разных местах их длины.

Об ударе связок ивовых прутьев, т. е. предметов, нецельных по толщине. Удар предметов, нецельных по всем направлениям, как то: мешок песка, вода и т. п.

Какая разница между случаем, когда мы движем ударяющее тело в сторону ударяемого[29] и когда мы движем это ударяемое в сторону ударяющего?

Об ударе тел, противостоящих толчку (colpo). Об ударе тел, поддающихся толчку. Об ударе, произведенном под разными углами к ударяемому предмету.

Об ударе редкого тела о редкое. Об ударе редкого тела о плотное. Об ударе плотного тела о редкое. Об ударе плотного тела о плотное.

Об ударе двух плотных тел, с одинаковой скоростью движущихся друг к другу. Об ударе плотных тел, движущихся друг к другу с разных расстояний и с одинаковыми скоростями. Об ударе тел, движущихся друг к другу с одинаковых расстояний, но с разной скоростью.

Об ударяющих телах, которые производят удар не по центральной линии движения.

Об ударяющих телах разного веса и движения.

Об ударяющих телах разных форм (С. А., 65об. а).

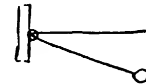
О неподвижном теле, испытывающем удар.

О теле, испытывающем удар и имеющем такую же скорость, как ударяющее тело.

О теле, испытывающем удар и имеющем меньшую скорость, чем ударяющее тело.

Об ударе в переднюю сторону катящегося тела. Об ударе в заднюю сторону катящегося тела (С. А., 248об. b).

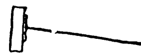
Предмет неподвижен и ударяющий предмет отскакивает назад.



Движущееся тело застревает или проникает в мягкий предмет.



Движущееся мягкое тело, которое при ударе о твердый предмет расплющивается.



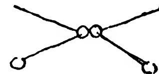
Удар в предмет, который уступает и подается при этом ударе.

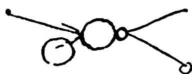


Удар в предмет, откликающийся звуком.

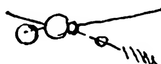


Равенство движения, веса, удара вызывает одинаковое отскакивание тел.





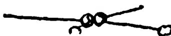
Удар двух тел неравного веса, но равного [предшествующего] разбега (corso) и движения.



Разбег более тяжелого тела [после удара] будет значительно меньше разбега менее тяжелого.



Больший разбег более тяжелого тела.



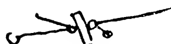
Равные тяжелые тела на неравных расстояниях [разбегах]. Тело с меньшим разбегом отскочит назад во столько раз дальше в сравнении с телом, имеющим больший разбег, сколько раз меньший разбег содержится в большем.



Столкновение, приводящее к бегству друг от друга.



Одинаковые удары приходятся по предмету, заключенному между ними.



Одинаковые тяжелые тела, обладающие одинаковой силой и неодинаковым разбегом, сокрушают предмет.



Удар, который раскалывается и разламывается при столкновении с предметом (A, 8).

Удар. Я утверждаю, что удар есть конец быстрого движения, произведенный телами в предметах, оказывающих сопротивление. Он именно является причиной всех звуков, разрушителем и преобразователем разнообразных вещей, виновником второго возобновленного движения. Ничто не бывает более коротким и не обладает большей силой. И он распространяется, становясь разнообразным соответственно причинам.

Удар есть конец быстрого движения, причиняемого силой, и производимый в предмете тяжестями, он — причина звуков, преобразователь своего эффекта. И ничто не имеет более быстрого действия и большей силы. Его результат обладает высшей скоростью и способностью проникать во все разнообразие противостоящих предметов, и он распространяется от места своего возникновения круговым движением. Он—весь во всем и весь в [каждой] части.

Удар есть конец быстрого движения, причиняемого силой, и производимый телами в предметах, оказывающих сопротивление; от него происходят звуки,

от него — разломы, и ничто не обладает более быстрым действием и большей силой; его результат обладает высшей скоростью и способностью проникать в любое разнообразие противостоящих предметов (A, 27об.).

Удар есть конец движения, причиняемого силой, и производимый телами в предметах, оказывающих сопротивление. Если вещь, испытавшая удар, подобна ударяющей, то она получает от нее удар, вес и движение и убегает со своего места, оставляя в нем ударившую, совершенно лишенную всякой силы (A, 27).

Удар по камню, находящемуся в воде, соберет всех рыб и других животных, оказавшихся внизу и по соседству.

Удар по сухожилию глотки (corda della gola) удваивает боль в шее (collato).

Удар по четверику понижает уровень находящегося в нем зерна.

Напоминаю тебе, что ты должен составлять положения, приводя вышенаписанное в качестве примера, а не в виде положений, что было бы слишком просто. И ты будешь говорить так:

Опыт. Удар по какому-либо плотному и вескому телу естественно передается за пределы этого тела и поражает вещь, находящуюся в окружающих телах, плотных или редких, каковы бы они ни были. Например: много рыб находится в воде, втекающей под камень; если ты сильно ударишь по этому камню, все рыбы, находящиеся внизу или по бокам камня, всплывут словно мертвые на поверхность воды. Причина заключается в том, что всякая вещь, толкаемая силой, большей, чем ее собственная, стремится убежать вперед от нее; и чем больше сила толкающей способности, тем больше будет бегство толкаемой вещи. Если эта вещь плотная и веская, она поразит ту, которая находится на пути ее бега; а если она легкая, то частично продолжит свой путь с незначительным ущербом для себя. Если вещь устойчивая и тяжелая, то первое же прикосновение удара будет повреждено и нарушено, и удар естественно распространится по всему объемлющему телу, испытавшему этот удар, возвращаясь назад с шумом; и не только по телу, испытавшему удар, но и по тем телам, которые его окружают. А если в этих телах, находящихся по соседству, окажутся животные, в них также проникнет названный шум и движение, почему, будучи не в состоянии сопротивляться, животные станут словно мертвые. И их страдание подобно тому, которое испытывает рука, когда молотком ударяют по находящемуся в ней камню (A, 31)

Удар, произведенный коротким и смелым движением, подобен действию, производимому долгим и слабым движением; таково, например, движение вишневой косточки, сжатой двумя пальцами,— она под влиянием столь кратковременной причины пройдет такой же путь, как косточка, брошенная рукой.

Воздух, который силой будет сжат в одном месте, при своем выходе произведет удар о соседний воздух и произведет шум, как это видно на примере бомбард и надутого пузыря, на примере тех маленьких духовых ружей, которые делают мальчики из ягод, засовываемых в ствол тростника, и на примере надуваемого мяча или меха.

Удар после первого столкновения с предметом не переходит к другим, кроме разве предмета, находящегося за тем, который испытал удар.

Если удар придется по предмету, который подставлен под другой, то предмет, испытавший удар, убежит под ударом, а лежащий сверху упадет в то место, из которого ушел предмет, испытавший удар.

Чем более быстрым движением будет причинен удар, тем более точно предмет, лежащий сверху, упадет именно в то место, откуда ушел предмет, испытавший удар.

Если движение, порождающее удар, будет более медленным, то предмет, испытавший удар, в большей мере увлечет за собою лежащий сверху предмет, убегая от удара. В этом ты убедишься на опыте при помощи шашек шашечной доски.

Тяжесть, падающая в воду, погружается вглубь нее с такой быстротой, что вода, окружающая место удара, будучи поддерживаема остальной водой, не может уступить ей место, а потому ей надлежит обратиться в бегство по тому пути, где она встречает меньшее сопротивление. Следовательно, поскольку воздух обладает меньшей сопротивляемостью, чем вода, это количество воды, покидающее место, где произошел удар, подскакивает в воздух (А, 31об.).

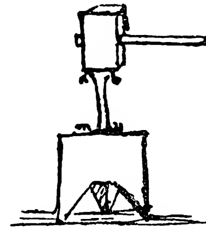
Если ты слегка воткнешь острие гвоздя в доску и сильно ударишь по доске молотком с противоположной стороны, то гвоздь пройдет через доску и встретится с молотком.

Если ты будешь наносить много ударов гвоздю, чтобы вбить его в доску, то это будет довольно трудно и долго. А если ты воском прикрепишь гвоздь к молотку, то таким же ударом, как и предыдущие, ты вобьешь его целиком в доску, ибо сила подобна удару при чеканке монеты (А, 31об.).

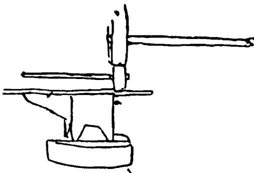
Об ударе. Так как время удара неделимо, подобно соприкосновению, причине этого удара, действие его имеет такую быстроту, что время не позволяет ему передаваться основанию ударяемых предметов с достаточной скоростью и он уже успевает умереть в верхних частях. Так, каменщик разбивает молотком камень в своей руке, не причиняя насилия или повреждения этой руке.

Поэтому железо *ab*, поражаемое ударом молотка в верхней своей части, повинуется здесь природе удара раньше, нежели природе передачи этого удара основанию *b*, а оттого верхний конец расширяется больше, чем основание. И этим объясняется, почему ваятели лучше высекают камень, пользуясь острым молотком, чем скарпелью, по которой ударяют молотком. Также и острая сабля рассечет лоскуток сукна в воздухе (С, 6об.).

Испытание удара и разница между ними, тяжестью и силой. Удар, обладая кратчайшей, можно сказать, неделимой жизнью, мгновенно производит в противолежащем предмете свое великое и быстрое действие, которое кончено прежде, чем оно дойдет до основания ударяемого предмета; поэтому ты обнаружишь большее расширение у вершины ударяемого предмета, нежели у основания его. И если хочешь знать, насколько больше сила удара об ударяемый предмет в вершине его по сравнению с основанием, посмотри, сколько раз уширение основания *mn* содержится в уширении вершины *ac*; и сколько раз *mn* содержится в *ac*, во столько раз больше насилия воспримет *ac*, нежели *mn*. Если же эта опора *am* сжимаема грузом или силой, то *mn* расширится настолько же, насколько *ac*, потому что силы их более медленны, чем сила удара (С, 6об.).



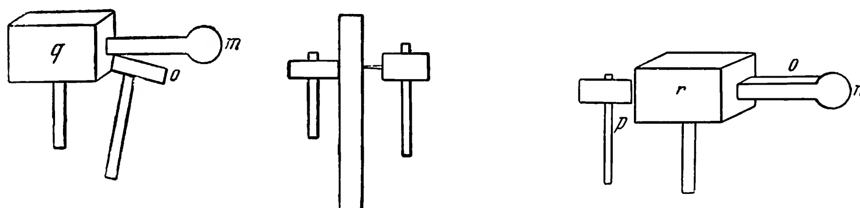
Удар. Удар разрежет полосу железа, помещенную на наковальне в точке *a*, тяжесть или сила никогда этого не сделали бы (С, 7).



Об ударе и весе... Если ты ударишь двумя молотками одинакового веса, один из которых вдвое шире другого, тот, который вдвое шире, войдет в два раза менее глубоко в свинец, чем другой, падая с одинаковой высоты (А, 4об.).

Здесь удар производит три действия: 1) быстрое соприкосновение, производящее

звук; 2) быстроту, заставляющую входить острие гвоздя; 3) отскок молотка за доской, так что удар заставил войти внутрь острие гвоздя раньше, чем отскочил задний молоток.



Удар. Если ты ударишь молотком *o* по квадру *q*, то железо *m* выскочит.

Если ты ударишь молотком *p* по квадру *r*, то железо *n* войдет в этот квадр (C, 5об.).

О свойствах ударяемой вещи. Та вещь, которая будет оказывать больше сопротивления удару, более повредится им; ибо если вещь двигается при ударе, то она сочетается с движением ударяющей вещи и оказывается неповрежденной ни в какой своей части. Возьми для примера топор: когда ты хочешь срубить верхушки кроны деревьев, они гнутся и не повреждаются; если же их рубить у подножия, они сразу будут рассечены. Также и коса не будет косить траву на верхушке, а косит ее у корня (A, 36).

Об ударе, удваиваемом при одном и том же движении. Движение, производимое ударом, обладает



большей действенностью, нежели движение, производимое какимлибо другим перемещением. Следовательно, удар, производимый

движением, которое порождено другим ударом, будет гораздо более сильным, чем удар, произведенный одним лишь перемещением.

Пример. Если ты подвесишь конец лошадиной кости над обухом топора на расстоянии $^1/_4$ локтя и подставишь под ней соломинку, а потом ударишь сверху по середине кости кулаком или плотным пучком соломы, ты увидишь, что эта кость переломится под ударом, полученным сверху (М, 53об.).

Об ударе. Среди акцидентальных потенций природы удар намного превосходит любую другую, производимую движущими причинами тяжелых тел в то же время, с теми же движениями, весом и силой.

Удар разделяется на простой и составной. Простой — тот, при котором движущая причина и подвижное ударяющее тело объединенно действуют в месте, испытывающем удар; составной — тот, при котором подвижное ударяющее тело не кончает свое движение в месте, где запечатлевается его удар. Таков молоток, который ударяет по клину, чеканящему монеты. Этот составной удар гораздо слабее, чем удар простой. Ведь если бы монета, которая должна чеканиться, находилась на самой поверхности молотка и ею ударили бы по чеканящему пунсону, а на этой поверхности молотка была бы вырезана противоположная вогнутость (concavità opposita) монеты, то на поверхности, испытавшей простой удар, оттиск получился бы более совершенным и чистым, нежели тогда, когда поверхность испытывает удар составной, как это случается с монетой, которая после удара остается на клине, куда ее прибило падение молотка, а удар отражается и отдает назад, к поверхности молотка (G, 62об.).

10 ударов одного фунта, производимых при падении на одно и то же место с высоты одного локтя, забьют ли гвоздь длиною в локоть на такую же глубину, на какую это сделал бы один цельный груз в 10 фунтов? Сказанное показывает, что — нет, ибо если бы ты хотел забить гвоздь тяжестью другого такого же гвоздя, это было бы невозможно, ведь 10 000 подобных ударов по этому гвоздю все окажутся безрезультатными [30] (А, 23).

Не одинаковое действие производят 1000 ударов одного фунта и один удар 1000 фунтов об один и тот же предмет, хотя бы движения ударяющего предмета в обоих случаях были одинаковы.

Следовательно, забивая сваи с деревянным копром, выбирай такой вес свайной бабы, который достаточен, чтобы преодолеть сопротивление среды, не дающей проникать свае в назначенное место.

Гораздо выгоднее заострять сваю на более толстом конце, чем на более тонком, по многим соображениям. Во-первых, тогда тебе не нужно боковыми поверхностями сваи образовать клин, раздвигающий землю, которая противится проникновению этой сваи. Во-вторых, вода ударяет в нижнюю часть сваи больше, чем в верхнюю, а потому, если сваи сомкнутся друг с другом от силы удара, вода не сможет без труда проникать между ними и уносить песок и гальку, как это бывает, когда заостренные сваи внизу имеют промежутки, а соприкасаются вверху, в воздухе, где по ним бьет лишь сила ветра. В-третьих, когда сваи утолщаются от середины вверх, ударам вод гораздо легче столкнуть или сместить их, нежели тогда, когда толстая часть находится внизу, наподобие того как природа создала деревья, способные противостоять великим натискам ветров. Ведь та часть дерева, которая находится дальше от силы, в нее ударяющей, более страдает от удара, ибо она образует большее плечо рычага. Вот почему, предусматривая это, природа увеличила толщину деревьев в той их части, где они всего более могут пострадать, и особенно у деревьев, растущих на значительную высоту, каковы сосны и т. п.

Сваи, забиваемые по берегам и плотинам рек, должны быть возможно более прямыми по двум причинам. Первая,— поскольку сила удара проникает по всей длине свай, такая сила в случае, когда они прямые, вся передается в то место, где держится их конец. Опора позволяет свае проникать вглубь, если свая сильнее, чем она. Но если свая в какой-нибудь своей части окажется покривившейся, тогда сила удара, немедленно же проникающая и нисходящая по длине этой сваи, встречает ее кривизну, и эта последняя толкает ее в сторону образовавшейся вогнутости. Вот почему значительная

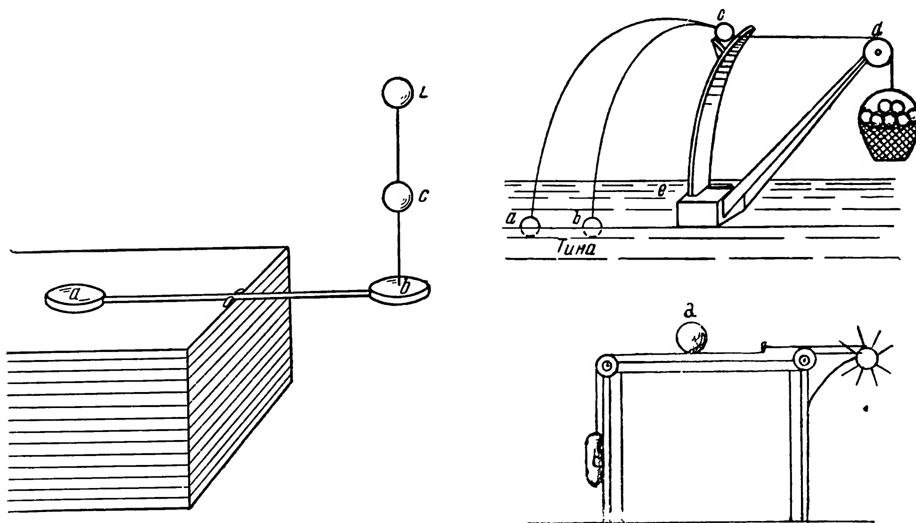
часть силы удара здесь поглощается и только незначительная часть идет дальше книзу, к концу сваи. И эта небольшая часть, идущая книзу, направляется не по прямой, а по извилистой линии, ибо ударяет в берег, примыкающий к искривленной части, немедленно направляясь от противоположной стороны сваи и ударяя в примыкающую часть берега, а потом отскакивает опять в противоположную сторону, и так, змеясь, подобно воде между речными берегами, она, ударяя то сюда, то туда, мало-помалу расточается; и того, что расточается в пути, недостает первоначальному запасу, почему на конце сваи сила удара оказывается малодейственной (В. М., 277об.).

Установить общее правило для разницы между простой тяжестью и тяжестью при ударе различной скорости и силы.

Если мне нужно будет установить названное правило, прежде всего мне потребуются весы *ab*. На каждую чашку нужно положить тяжести в один фунт, затем на чашку *b* дать упасть грузу *c* весом в фунт по пути *bc*, равному одному локтю, и посмотреть, какой груз надо прибавить к чашке *a*, чтобы противостать удару в *b*. Затем нужно вторично дать упасть тому же фунту по всему пути *db* и также отметить в *a*, сколько надлежит добавить на чашку *a*. И так ты будешь производить испытания, давая падать твоему фунтовому грузу *b* разными движениями. И заметь, пригодилось ли тебе чем-нибудь тройное правило, т. е. посмотри: если удар фунтового груза *b*, проходящего путь в один локоть, заставляет подняться 2 фунта в *a*, то чтó этот груз произведет, проходя путь в 2 локтя?

Правило, как взвешивать силу и узнать эффект силы ее движения. Если хочешь взвесить силу, производимую доской *ec* в разных случаях, заметь приложенный в *d* вес, который эту силу порождает, и посмотри, даст ли удвоенный вес в *d* двойную силу в доске *ec*; и если он даст двойную силу, заметь еще, пройдет ли тело под воздействием этой силы двойной путь? И если один фунт выбрасывается на 100 локтей, будет ли при удвоенной силе выбрасываться двойной вес также на 100 локтей?

При этом всегда заставляй эти грузы падать в тину, чтобы ты мог хорошо измерить расстояние от места вылета до места падения. И еще заметь, будет ли удвоенный вес выброшен той же силой на вдвое меньшее расстояние по сравнению с первоначальным,

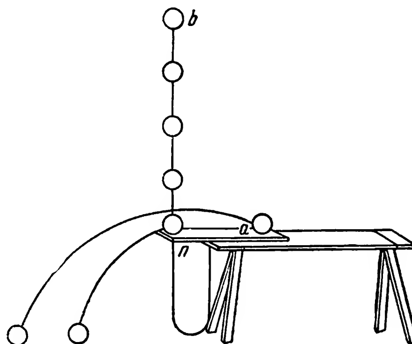


всегда давая передохнуть на день доске, луку или чему иному, производящему силу. И посмотри, поможет ли тебе тройное правило. Заметь также, какая разница в движении фунта, представляющего единое целое, и фунта, состоящего из частей. Так, если 12 унций, образующие одно тело, выбрасываются некоторой силой на 100 локтей, то какова будет разница при выбрасывании той же силой, если эти 12 унций превратить в два, три или больше тел? И равным образом заметь, какая разница при выбрасывании той же силой одного фунта малого объема и одного фунта большого объема? Отметь еще разницу между различными усталостями силы, т. е. если пускать одну и ту же стрелу беспрерывно из одного и того же лука, какая разница будет между отдельными полетами стрелы? И где всегда окажется наибо́льшая сила на протяжении ее пути? (С. А. 20об. а).

Увеличивай постепенно тяжесть *b* и отмечай возрастание скорости движения тяжелого тела *a* и выведи закон, пользуясь тройным правилом [см. рис. на стр. 282].

Этот способ бросать я применяю в данном опыте только потому, что инструмент не утомляется и не получает изгиба, как вышеописанный, а потому не допустит никаких возражений, что опыт ошибочный (С. А., 20об. а).

Ты установишь также правило для различных путей, которые проходит шарик *a*, прогоняемый ударом тяжелого тела *b*, при падении этого тела на конец доски *n* с различной высоты. И заметь, действительно ли при падении *b* с 4 локтей шарик убегает на 10 локтей, а при падении с 8 локтей он будет убегать на 20 локтей, т. е. если удар падает с высоты вдвое большей, чем в первый раз, будет ли тело, убегающее от этого удара, удваивать свое бегство?



Заметь также: если тело *b* весит 4 фунта и падает с высоты 4 локтя, то шарик убегает ли на 10 локтей? Если это тело *b* будет весить вдвое меньше, а падать с высоты вдвое большей, бегство шарика будет ли такое же, как в первом случае? Ведь если я уменьшаю вес *b* на половину и увеличиваю вдвое высоту его падения, удар *b* должен бы, повидимому, остаться тем же самым. Впрочем, мы будем держаться вывода, который даст опыт. И заметь, не пригодится ли тебе в чем-нибудь тройное правило.

Попробуй также располагать дощечку *n* то горизонтально, то наклонно под разными углами, в то время как тело падает всегда отвесно. Заметь разницу в убегании *a*.

Заметь также, что нужно предоставить падать *b* под разными наклонами. Также доска *n* — разного веса. Также — разной длины.

Также — выступать на разную величину за край стола. ⟨...⟩— разной ширины.

Результат моих правил. Если бы ты меня спросил: что дают эти твои правила? на что они нужны? Я тебе отвечу: они обуздывают инженеров и исследователей, не позволяя им обещать себе или другим вещи невозможные и прослыть безумцами или обманщиками (C. A., 337 b).

Общий закон удара. Общий закон силы. В этих двух законах, т. е. удара и силы, можно применить отношения, которые Пифагор применял в своей музыке (C. A., 267 a).

Удар. Выпуклость, произведенная в стене при выстреле из бомбарды, имеет своим центром середину ядра, ударяющего в стену с противоположной стороны (A, 28).

Та стенобитная машина, которая производит больший треск, — меньшего действия. Доказывается 9-м [положением книги] «Об ударе», гласящим: «Из движущихся тел, соразмерных силе движущего и сопротивлению среды, то тело, которое при равном движении ударяется большей своей частью, произведет больший треск и меньший удар; и, наоборот, то, которое ударится меньшей частью, произведет меньше треска и глубже проникнет в место, испытавшее удар». В качестве примера приведена шпага, ударяемая плашмя и острием, причем в одном случае удар производит большой шум и малое проникновение, в другом—глубокое проникновение и мало шума (E, 27об.).

Что такое звук, производимый ударом? Время, в течение которого рождается удар,— самая короткая вещь, которую человек способен произвести, и не существует такого большого тела, которое, будучи подвешено, не произвело бы внезапного движения при коротком ударе; это движение отдается в воздухе, и воздух, соприкасающийся с приведенным в движение телом, звучит.

Заключается ли стук в молоте или наковальне? Я говорю: так как наковальня не подвешена, она не может звучать, звучит молоток при отскоке, совершаемом после уда-

ра. И если бы звучала наковальня, она издавала бы тот же звук при ударе самого маленького молотка. Так, колокол при любой ударяющей в него вещи издает такой же низкий звук. С наковальней обстояло бы так же при ударах самыми разными молотками. Между тем ты слышишь разные звуки при разной величине молотка. Следовательно, звук в молоте, а не в наковальне.

Почему неподвешенная вещь не звучит, а будучи подвешена издает звук при малейшем прикосновении? Колокол при ударе производит внезапное дрожание, внезапное дрожание ударяет окружающий воздух, который сразу же звучит. Но когда путем малейшего прикосновения дрожание прекращено, удары о воздух прекращаются и воздух перестает звучать.

Если птица внезапно ударяет по воздуху, должен ли [соседний] воздух звучать или нет? Я говорю — нет, ибо тот воздух, который проникает через воздух, ударяющийся в него, не получает удара, а потому не может производить звука.

О бомбарде или стреле. Здесь звучит движение воздуха, более сильного, чем воздух, оказывающий сопротивление (Tr., 36).

Удар, производимый непрерывно падающей водой о место, о которое она ударяется, оказывается не такой силы, каков удар твердого тела из вещества, весящего столько же, сколько то же количество воды. Ибо тяжесть воды, производящей удар, опускалась в первом слое на всю высоту ее падения и опустится на десять локтей, когда второй слой опустится на девять, третий — на восемь и четвертый — на семь и т. д., так что, когда первый уже производит удар, последний опускаться еще не начал. Но когда падает твердое тело, движение ударяющейся части такое же, каково движение части противоположной (Т. А. V, 30).

Вода, падающая по линии, более близкой к отвесу, опускается быстрее и производит больший удар и тяжесть в месте, о которое ударяется (А, 24).

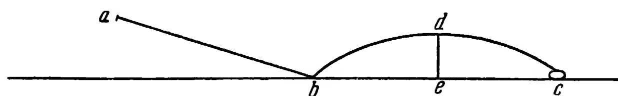
Я утверждаю, что тот выстрел имеет высшую степень своей силы, который ударяет предмет под прямым углом.

Это происходит оттого, что, когда центры сил находятся на прямой линии, залп обладает большей эффективностью. Потенций, причин этого действия, существует три, а именно: сила, тяжесть и движение. И когда передняя часть ядра, ударяя в стену, находится на одной линии с названными центрами, она равномерно окружена всей совокупностью потенций, ибо эта часть находится на одной линии с центром ядра; и так как эти части обладают тяжестью, то все они создают силу в ударенном месте.

Тот залп, который произведен по предмету под более неравными углами, будет более слабым. И при отскоке в случае такого удара он завершится двумя разными движениями.

Такой залп причинит малый ущерб в ударяемом месте, ибо количество тяжести, остающееся кверху от центра удара, настолько больше количества, остающегося книзу, что после залпа происходит качание, словно на весах под действием неравных грузов, и это качание оказывается причиной двух различных движений в ядре, одно из которых имеет значительно бóльшую скорость, чем другое. Первое будет обычным движением, которое должно быть в данном случае, второе же, направляясь по прямой, будет вместе с тем вращаться вокруг себя, каковое вращение пройдет гораздо более быстрый и более длинный путь, нежели движение обычное и прямое (А, 44об.).

Доказательство того, в каком отношении стоят друг к другу сила удара и сила импуль-

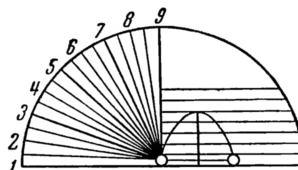


са в смысле их способности двигать тяжелые тела. То, что тело приобретает при своем отраженном дви-

жении в смысле высоты, порождается единственно силой простого удара; а то, что это отраженное движение приобретает в смысле длины, единственно порождается силой простого импульса. Теперь я нахожу, что в случае изображенного на чертеже отскока его высота *de* содержится ровно 4 раза в его длине *bec*. Отсюда мы сделаем заключение, основываясь на сказанном выше, что и сила, являющаяся причиной высоты *de*, содержится 4 раза в силе импульса *ab*, каковой оттолкнул при ударе указанное тело в положение *b*.

Итак, мы скажем: во сколько раз высота отскока превышает его длину, во столько раз сила удара превосходит силу импульса; и во сколько раз высота этого отскока превосходима его длиной, во столько раз удар превосходим импульсом.

Следовательно, природа причин становится явной из их действий, а из причин становится явной природа действий, как будет показано ниже на примерах.



Если даны степень силы импульса и степень силы удара, требуется найти очертание дуги, описываемой отраженным движением.

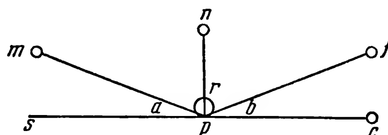
В этом случае мы разделим степени импульса на 16, а степени удара на 4. Каждая степень как импульса, так и силы должна быть одинаковой, поэтому мы скажем, что импульс в 4 раза сильнее удара; отсюда следует, что 4 степени импульса будут равны 4 степеням удара. Следовательно, отвечая на вопрос, мы делаем заключение, что одна степень импульса и одна степень удара дадут такую дугу отраженного движения, в которой длина равна высоте (B. M., 81об.).

Отскок есть новое рождение (resurgimento) конечного движения.

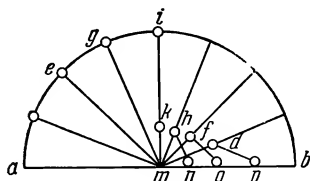
Спрашивается здесь, почему необходимо, чтобы угол падения был равен углу отражения?

Поскольку (как я сказал, рассматривая случаи движения тяжелых тел) импульс имеет бóльшую силу, нежели удар, мы поместим на линии *sc* простой импульс, а на линии *np* простой удар и докажем,

что при помощи импульса можно двигать движущееся тело из *s* в *c* успешнее, чем при помощи удара из *p* в *n*. Отскок возрастает или убывает тем больше, чем ближе или дальше от точки *s* приведено в движение это тело. Следовательно, тело, которое начнет двигаться из точки, находящейся на одинаковом расстоянии от *s* и *n*, одинаково будет причастно силе импульса и силе удара, а потому не отскочит по необходимости ни в *n*, ни в *c* только. Но коль скоро в начале движения это тело было одинаково причастно *n* и *s*, оно отскочит между *n* и *c*; вот почему углы *a* и *b* будут друг другу равны; верхние углы будут также равны и друг другу и нижним углам. Что и требовалось доказать.



Угол, образованный отраженным движением тяжелых тел, будет равен углу, образованному падающим движением.

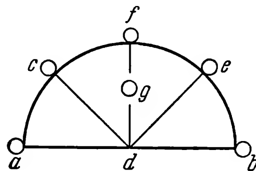


Доказательство предложенного. Тело, гонимое силой импульса, движется больше и с большей силой, нежели тело, гонимое силой удара. Для примера мы скажем, что линия *ab* — простая сила импульса, а отвесная линия *im*—простая сила удара. Так как удар способен производить только отскоки, или отраженные движения, а импульс — движения поступательные, то от движения тела *i* из *i* в *m* получится отраженное движение *mk*; поскольку падающее движение непричастно линии импульса *ab*, оно отражается вверх по той же отвесной линии, по которой опустилось, под прямыми углами, которые всегда равны друг другу.

Но если это тело станет двигаться по линии *em*, расположенной посредине между силами импульса и удара, это движение будет одинаково причастно тому и другому. И будучи причастно удару, тело поднимается до положения *f*, а будучи причастно импульсу, удаляется от отвесной линии на весь промежуток *mf*[31].

Отсюда мы делаем заключение, что по необходимости движущееся тело отражается в положение *f*, где оно оказывается одинаково удаленным от линии импульса *ab* и от линии удара *im*, а потому углы равны (B. M., 82об.).

Почему падающее и отраженное движения происходят под равными углами? Тело, гонимое ударом, на любой ступени времени приобретает ступени высоты, приближаясь к своему первому двигателю. Тело, гонимое импульсом, на любой ступени своего бегства приобретает ступени расстояния от своего двигателя. Стало быть, мы скажем, что высота, приобретаемая телом над местом его удара, порождается ударом, а то, что тело приобретает в смысле расстояния от указанного места удара, это расстояние порождается импульсом. На таком основании мы скажем, что больший или меньший удар поднимает тело на бо́льшую или меньшую высоту; и точно так же мы можем сказать, что больший или меньший импульс отсылает такое тело на большее или меньшее расстояние.

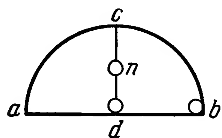


О теле *a*, когда оно движется по линии *ab*, говорится, что оно приводится в движение простым импульсом. Тело *d*, двигаясь по линии *dg*, будет приводимо в движение простым ударом *f*, который производится двигателем *f* по опускающейся линии *fd*. Следовательно, на линии *ab* находится сила удара, а на линии *fd* — сила импульса; на этом основании можно с уверенностью сказать, что если тело *c* перемещается к точке удара *d*, выходя из положения, одинаково отстоящего от той и другой силы, оно будет двигаться, оставаясь в равной мере причастным и первой силе и второй. Стало быть, это тело поднимется только до среднего положения, т. е., будучи причастно высоте удара, оно вместе с тем имеет нечто и от низины импульса.

Вот два естества удара: одно — когда предмет бежит от движущего, в него ударившегося, другое — когда такое движущееся тело отскакивает от предмета, в которое оно ударилось.

Первый случай может иметь место, когда предмет, испытавший удар, равен по весу и фигуре движущемуся телу, которое в него ударилось. При таком ударе предмет, испытавший удар, оставляет на месте движущееся тело, которое в него ударилось, а сам довершает остаток движения, полученного им от первого движущегося (В. М., 83об).

Отраженное движение. Движение рождается от двух различных причин; из них первая называется импульсом, а вторая называется ударом. Движение, рождаемое импульсом, есть такое движение, которое приводит движение к месту удара. Движение, рождаемое ударом, есть такое движение, которое рождается в месте, испытавшем удар, между двумя прямыми углами [т. е. под прямым углом]. Следовательно, мы скажем, что если в верхней фигуре движимое движется из a в b, то это движимое движется вплоть до b под действием простой силы импульса; а если это движимое будет движимо из c в d, то оно отскочит отраженным движением из d в n, и это движение из d в n порождено простой силой удара.

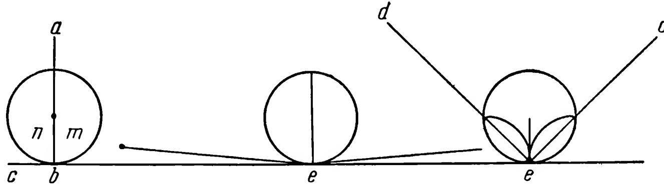


Теперь, определив два рода движений, мы можем на основании этих определений доказать, почему угол отраженного движения по необходимости должен быть равен углу падающего движения (В. М., 90).

Тот удар будет иметь меньшую силу, который произойдет под меньшим углом.

Хотя одна и та же сила движет одно и то же движимое на одно и то же расстояние по направлению к одному и тому же неподвижному предмету, по указанным выше причинам могут получиться удары бесконечно разнообразной силы. И происходит это потому, что углы, под которыми происходят такие удары, могут быть бесконечно разнообразны, могут быть больше или меньше; а как сказано, больший или меньший угол рождает больший или меньший

удар. Ведь если движимое движется под наибольшим углом, опускаясь из *a* в *b*, то это движимое вернется в *a*, откуда оно вышло. И это есть наибольший удар, который может быть произ-



веден определенной силой. А если та же самая сила движет то же самое движимое по линии *de*, то этот удар будет сделан по предмету *e* с тем меньшей силой по сравнению с *b*, чем меньше угол *e* угла *b*. Так что отношение ударов между собой таково, каково оно между названными углами (B. M., 91).

Тот отскок менее далек, который порождается более мощным ударом.

Меньший удар производит более длинный отскок [считая по горизонтали].

Тот удар, который будет иметь бо̀льшую силу, породит отскок меньшей длины.

Чем больше удар, тем меньше отскок, и чем меньше будет этот удар, тем более длинным станет отскок.

Под высотой отскока понимается та высота, которой достигает движимое тело, считая вверх от горизонтальной линии, проходящей через место удара.

Длина отраженного движения есть та длина, которая начинается в месте удара и кончается в начале естественного движения (B. M., 92об.).

Сила импульса продолжает существовать на протяжении всего отраженного движения и кончается в начале естественного движения.

Подъем движимого при его отраженном движении сохраняется до тех пор, пока это движение сопровождается силой удара. Сила удара сопровождает

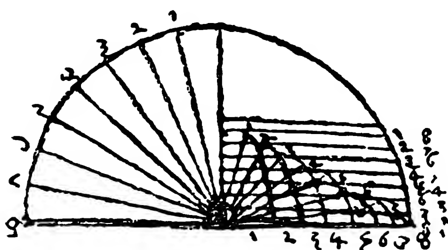
движение движимого только до вершины наибольшей высоты его отскока...

Движимое подымается в своем отраженном движении настолько, насколько сопровождает его сила удара.

Движимое удаляется от места удара настолько, насколько сохраняется сила сопровождающего его импульса...

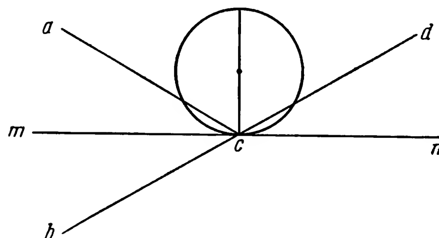
Отсюда мы делаем заключение, что отношение между силой импульса и силой удара будет таким же, каково отношение между высотой отраженного движения и его длиной (B. M., 128).

Нулевая степень импульса дает 8 степеней удара. Одна степень силы импульса дает 7 степеней силы удара; две — дают 6, три — 5, четыре — 4, пять — 3, шесть — 2, семь — 1, восемь — ни одной (B. M., 93).

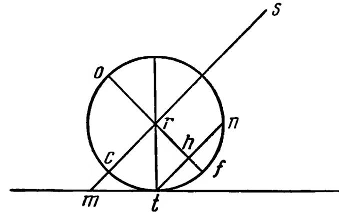


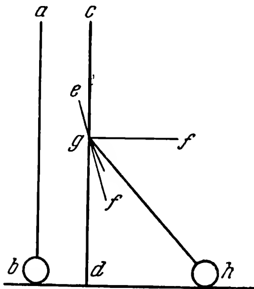
Почему углы удара и отскока равны? Посредствует середина, ибо линия *ac* в одинаковой мере имеет от обеих крайностей.

Если мяч выйдет из *d* и будет яростно двигаться к *c*, то стремление движущего предмета заключается в том, чтобы отправить движимый предмет из *c* в *b*. Но так как в *c* путь ему перерезан, ибо он ударяется о поверхность пола *mn*, то он не возвращается назад по пути, по которому пришел, ибо оттуда он был изгнан, и не продолжает пути начатого бегства, здесь он встречает помеху. Следовательно, не имея возможности следовать ни по одному из двух путей, по первому — потому что он не должен, по второму — потому что он не может, он выбирает средний путь, отскакивает и направляет начатое бегство из *c* в *a* под равными углами.



Почему мяч, ударяющийся об пол, не возвращается по пути, по которому он шел, всегда соблюдая равные углы? Это происходит потому, что когда часть *tnf* ударяется, хочет вернуться назад и возвращается, часть *ton* хочет итти вперед и идет; отсюда, поскольку одна часть идет вперед, а другая поворачивает назад и обе они связаны вместе, получается вращение мяча. Если мяч устремляется по линии *ms* и линия удара оказывается *mt*, то при ударе в часть *t* эта часть делается осью (polo); и так как часть шара *no* тяжелее части *nf*, необходимо, поскольку и бо́льшая и меньшая части гонимы равными силами, чтобы они двигались одинаково стремительно, т. е. чтобы, в то время как меньшая часть встречает помеху при ударе, производимом ею об пол, бо́льшая еще находилась в воздухе и в бегстве, и в то время как она еще стремится обрушиться на пол, удар меньшей части, соединенной с большей, толкал бо́льшую вверх, производя вращение и борьбу противоположных движений (C. A., 125 a).

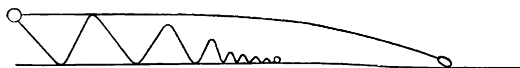




Пусть будет линия *ab* — движение движимого тела, которое нигде не затруднено ничем, кроме как однородной средою воздуха; следовательно, движение такого движимого будет прямым, по направлению к центру. Но если такое движимое тело должно двигаться по линии *cd* и встретит помеху в *gf*, это движение примет другое направление *gh* и оно тем более будет зависеть от этой помехи, нежели от своего начала, чем более могуча такая помеха по сравнению с этим началом. Вот почему движение, которое продолжается за такой помехой, уже не вертикально, как прежде, и не

происходит по горизонтальной линии gf, но избирает ту линию, которую ему приуготовила необходимость, т. е. линию gh, каковая определена в моей теории пространственных движений (C. A., 154 b).

Всякое сферическое тело с плотной и стойкой поверхностью, движимое постоянной силой, совершит при своих порождаемых креп-



кой и твердой поверхностями отскоках то же движение, что при свободном бросании его в воздухе.

О дивная справедливость твоя, первый двигатель[32], ты не захотел ни одну силу лишить строя и свойств необходимых ее действий! И потому, когда одна сила должна гнать на 100 локтей побеждаемую ею вещь и последняя, повинуясь ей, встречает препятствие, положил ты, чтобы сила удара производила новое движение, которое разными скачками добивается полного итога должного своего пути. И если ты измеришь путь, совершенный названными скачками, ты найдешь, что длина их такова, какова была бы длина пути при перемещении подобной вещи действием той же силы свободно в воздухе.

Этот опыт ты произведешь при помощи маленького стеклянного шарика, ударяющегося о гладкую поверхность дикого камня; и возьми длинный стержень, размеченный разными цветами; и когда ты все приготовил, заставь кого-нибудь держать стержень и наблюдай, стоя поодаль, отскоки,— до каких цветов на высоте стержня шарик, отскакивая, каждый раз подымается, и отмечай эти цвета. И если будет столько же отметчиков, сколько отскоков, то каждый легче запомнит свой. Но [лучше] сделай так, чтобы стержень был возможно более укреплен наверху или в углублении внизу, ибо если кто-нибудь его держал бы рукой, он заслонял бы отмет-

чикам вид. И сделай, чтобы первый отскок происходил под прямым углом так, чтобы шар всегда падал в то же самое место, ибо тогда легче отмечать высо́ты отскоков по стержню. Затем заставь с той же силой бросить этот шарик свободно и заметь место, куда он ударился. Измерь и найдешь, что второй путь подстать первому (А, 24).

Вообще все вещи стремятся пребывать в своем естестве, потому течение воды, которая движется, стремится сохранить свое течение сообразно мощности своей причины, и если находит противостоящую преграду, кончает прямую линию начатого течения круговым и изогнутым движением (А, 60).

Всякое движение, произведенное силою, должно завершить свой бег в меру отношения между движимым и движущим. И если оно находит преграду, то прямизну положенного ему пути завершит круговым движением или многообразными прыжками и скачками так, что если исчислить время или путь, то будет его именно столько, сколько было бы, если бы движение совершалось без всякого препятствия (А, 60об.).

Если кто спускается со ступеньки на ступеньку, прыгая с одной на другую, то, сложив вместе все силы ударов и тяжести таких прыжков, ты найдешь, что они равны совокупным удару и тяжести, который человек произвел бы, падая по отвесной линии от вершины до подножия высоты названной лестницы.

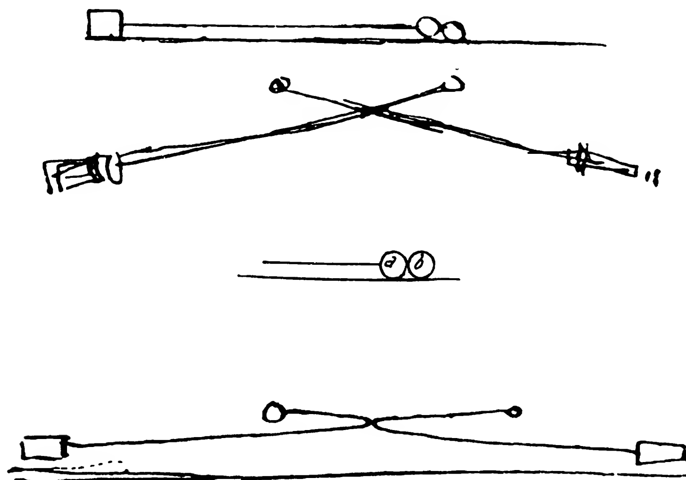
Равным образом, если бы такой человек падал с высоты, ударяясь на каждой ступеньке о предметы, которые сжимались бы наподобие рессоры (molla), так что удар о каждую был бы мал, ты нашел бы, что такой человек в последней части своего спуска уменьшил свой удар по сравнению с тем, который он произвел бы, падая по свободной и отвесной линии, на столько единиц, сколько составляют все удары вместе взятые, произведенные на каждой ступени названного спуска о вышеуказанные рессоры (I, 14об.).

Тот удар будет иметь бо́льшую силу, который произведен под углом, более близким к прямому.

Из ударов, производимых под прямым углом, тот будет более могучим, который вызывается в более плотном предмете. А из ударов, производимых о предметы одинаковой плотности, тот будет более мощным, который имеет своим объектом предмет, обладающий бóльшим сопротивлением (L, 42об.).

При ударе, производимом движущимися телами, равными по весу и не равными по движению, более быстрое не отскочит. И этому учат нас играющие в мяч, у которых рука, ударяющая в мяч, более быстра и более могуча вследствие своей тяжести, нежели этот мяч, почему она и заставляет этот мяч отскакивать назад с тем большей силой, чем ближе линия удара к центральным линиям движений (C. A., 93об. b).

У д а р... Тела одинакового движения, тяжести и силы, встречающиеся в яростном беге, отскочат назад на одинаковое расстояние от места, где они ударились.

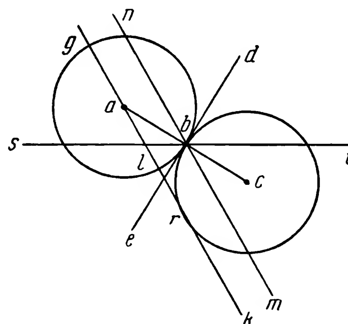


Если два тела из одного и того же материала, движимые одинаковой причиной и с одинаковой скоростью, ударяются, то одно отскочит назад больше по сравнению с другим на столько, на сколько оно меньше другого.

Если два тела из одного и того же материала будут движимы навстречу друг другу одинаковой причиной, тотчас же после удара одно тело отскочит назад тем больше, чем оно меньше по сравнению с другим.

Когда в неподвижное тело ударяет другое, равное ему, ударяемое убегает, а ударяющее остается на месте убежавшего (А, 26).

Об ударе двух движущихся тел разных скоростей. Движущиеся тела разной силы бывают двоякого рода. В первом случае движущиеся тела имеют одинаковый вес и скорость, во втором случае они имеют разные веса и разные скорости. В этом последнем случае они либо имеют одинаковый вес и неодинаковые скорости, либо неодинаковый вес и одинаковую скорость, либо неодинаковые веса и неодинаковые скорости, т. е. бо́льшие или меньшие в первом теле или во втором.



Если ты ударишь приближающийся шар по центральной линии его движения, то он, без сомнения, возвратится назад по тому же самому пути, по которому он пришел. Но если ты ударишь его в меньшую часть, он не отступит назад и не пойдет вперед, но повернется в поперечном движении, теряя импульс в меру мощности удара.

О том, каким образом импульсы, видоизменяемые под влиянием ударяющего тела, будут иметь тем бо́льшую или меньшую силу в зависимости от близости удара к центральной линии их движения. 1-е. Всякий удар, произведенный по сферическому тяжелому телу, направляет центральную линию своей силы к центру ударенного сферического тела. Доказательство: пусть прямая линия двух противоположных движений будет *nm*, а место удара двух сферических тел пусть будет *b*; тогда обнаруживается, что сила удара в два раза больше, чем меньшая часть шара, испытавшего удар, ибо всякое выравнивание

(librazione) удара обычно происходит при равных [прямых] углах, образуемых обеими силами, как доказывается в книге о тяжестях.

Ударяющее тело ударяет предмет с тем меньшей силой, чем в более быстром беге оно его застает. А то ударяющее тело, которое встречает более устойчивый предмет, ударяет в этот предмет тем более интенсивным ударом. И наибольший удар бывает при наибо́льших скоростях плотных тел, когда они имеют одинаковый вес и одинаковую скорость.

То ударяющее тело, обладающее менее сильным движением, отскочит на меньшее расстояние от места удара, которое ударится частью, более близкой к центральной линии своего движения. Доказывается это тем, что та часть движимого тела, которая обращена к центру ударяющего тела, хочет отступить назад и сопровождать движение ударяющего тела, а часть, которая расположена за центром и которая не встретила помехи, хочет продолжать начатое движение; поэтому по необходимости такое движение станет вращательным вокруг центра тяжести; и если между их силами будет разница, то более сильная часть станет некоторое время двигать тело за собой до тех пор, пока не израсходует остатка своего импульса...

Часть тела, которая находится по ту сторону места удара и которая не была во власти ударяющего тела, часть, которая не встречалась с ним и не противостояла его движению, эта часть тела хочет продолжать свое прямое движение в свободном воздухе. Но так как она соединена с частью, отступающей назад, то тело по необходимости не может выбрать ни отраженное, ни падающее движение. И из них должно составиться движение тройного состава, а именно: одно движение — отраженное, другое — падающее и третье, уничтожая их борьбу, станет движением по прямой, движением отличным от обоих первых, предшествовавших удару, и отличным от тех, которые родились после удара. Оно будет прямолинейным или поперечным (C. A., 241 a).

Ни один удар, произведенный сферическим телом, не равносилен полному весу этого сферического тела, за исключением того, который

является лобовым ударом диаметра этого тела, т. е. когда диаметр находится на центральной линии движения этого сферического тела.

Удар, произведенный сферическим телом, будет тем более мощным, чем ближе диаметр этого тела к центральной линии его движения.

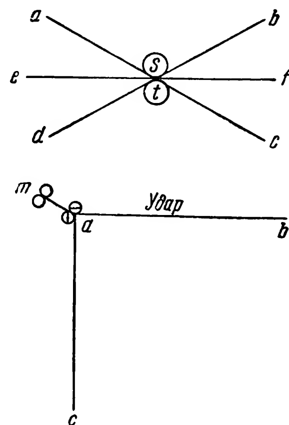
Удар, произведенный сферическим телом, будет тем менее сильным, чем дальше центральная линия его движения удалена от диаметра этого сферического тела.

Мощность удара, произведенного вне центральной линии движения, равносильна удвоенной меньшей части сферического тела, остающейся вне движения (С. А., 241об. b).

Об ударе. Ядро *a* движется с 3 степенями скорости, а ядро *b* с 4 степенями скорости. Спрашивается: какая разница в ударе с тем, когда ядро неподвижно? Или если бы оно двигалось навстречу с указанными 4 степенями скорости?

Могуч или нет удар, произведенный по предмету, который его не ждет? (I, 41об.).

Если два шарика брошены по прямой навстречу друг другу так, что они ударяются друг о друга, и если они имеют равные силу, натиск (vemēnzia) и вес, то сразу же, как они встретятся, они остановятся, разбившись друг о друга.



Если два шарика брошены вверх так, что они встречаются, движение правого перейдет в движение левого, равно как и движение левого превратится в движение правого (А, 32).

Удар. Угол, производимый при столкновении равных сферических тел, всегда равен углу отражения.

Если *ef* — стена, то *s* — мяч, бросаемый из *b* и ударяющийся об эту стену, — отскочил бы в *a*; и равным образом мяч *t*, бросаемый из *c*, отскочит в *d* после своего удара о мяч *s*.

Если удар вызывается двумя сферическими телами одинакового материала, веса, размера и бега и если их соприкосновение происходит под прямым углом, то их отлет от места, в котором произошел удар, будет соприкасающимся в движении и их соприкосновение не прекратится вплоть до конца их бега, как это показано в *am* (С, 28).

О трении

При простом волочении плотных тел — почему трение плотных тел всегда равно одной четвертой части тяжести этих трущихся тел?

Сложное волочение, т. е. при помощи рычагов, бывает нескольких видов: простое и сложное. Простое — когда применяется один только рычаг; сложное — когда много рычагов движут один другой. Впрочем, здесь я буду говорить только о простом.

Твердое движущееся тело и твердая плоскость. Мягкое движущееся тело и мягкая плоскость. Твердое движущееся тело и мягкая плоскость. Мягкое движущееся тело и твердая плоскость.

Шероховатое движущееся тело и гладкая плоскость. Гладкое движущееся тело и шероховатая плоскость. Шероховатое движущееся тело и шероховатая плоскость. Гладкое движущееся тело и гладкая плоскость.

Шероховатое твердое тело и мягкая плоскость. Шероховатое твердое тело и шероховатая твердая плоскость — движение высшей трудности. Шероховатое мягкое тело и шероховатая мягкая плоскость — средней трудности. Шероховатое твердое тело и шероховатая твердая плоскость — самое трудное. Шероховатое мягкое тело и шероховатая мягкая плоскость — трудное.

Вот движения — с промежуточными прослойками. Например, когда песок оказывается в промежутке между движимым телом и плоскостью. Если крупинки, находящиеся в промежутке, имеют круглую форму, движение будет легким; а если эти крупицы, находящиеся в промежутке, будут крупнее, то движение станет еще

более легким (при условии, что они имеют круглую форму). И эта особенность движения не является отличительной только для движений трения, но и для движения по жидкостям и ⟨...⟩ трение ⟨....⟩ (С. А., 193 b).

О м а т е р и а л е, н а и б о л е е с о п р о т и в л я ю щ е м с я п р и т р е н и и. Трение бывает трoякое, а именно: твердое о твердое, мягкое о мягкое и мягкое о твердое. А соприкосновение в этих трех случаях бывает двоякое: первое из них — простое соприкосновение трущихся тел, второе — соприкосновение сложное. При простом соприкосновении в промежутке нет никакого вещества, одни только их поверхности соприкасаются друг с другом. При сложном же соприкосновении между поверхностями трущихся тел оказываются разные вещества, причем эти вещества стирают вышеназванные тела тем более, чем более неровны поверхности.

Если трущиеся тела при этом разной твердости, то более мягкое стирает более твердое, и происходит это вследствие неровности вещества, находящегося между поверхностями; оно въедается в вещество меньшей твердости и, укрепившись в нем, действует подобно напильнику, при помощи которого затем и стирает более твердое вещество.

Если вещества обладают одинаковой твердостью, то вещество, находящееся между поверхностями, в том случае размалывается, когда оно менее твердо, нежели трущиеся предметы; если же оно более твердо, то оно поглощает это трение, не иначе, как два напильника равной силы, действующие один на другой (С. А., 374об. а).

Трение тяжелого тела будет обладать одинаковой силой, когда оно создается вращением и движением по плоской поверхности.

Существуют три вида трения, из которых один обусловлен ровной плоскостью, другой — кривой поверхностью, каковы, например, оси, а третий — плоскими кругами, каковы жернова мельниц. Из этих трех видов получаются два смешанных и сложных, а именно трение может быть причастно первому и третьему виду или первому и

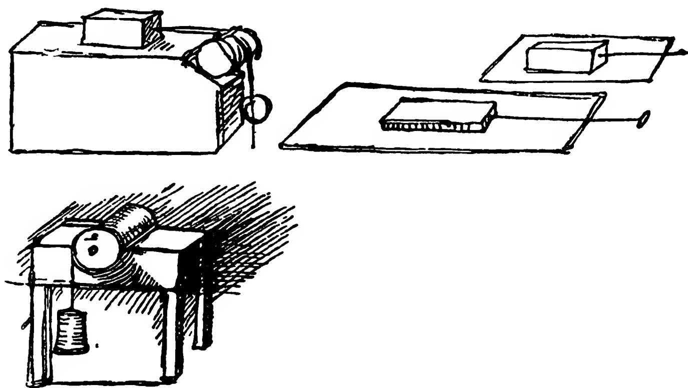
второму. Вот, например, трение перекрестное, являющееся трением двух удлиненных тел, движущихся крест-накрест; а вот другое, когда плоскость движется навстречу движущемуся телу, трущемуся о нее.

Трение тел имеет столь же разнообразные силы, сколь разнообразна и гладкость трущихся тел.

Трение тел делится на два главных вида, а именно текучее с текучим и плотное с плотным. Из них получается третий вид, причастный двум названным или составленный из них, а именно: текучее может тереться о плотное и плотное о текучее, т. е. хрупкое.

Вот четвертый вид трения, к которому относится, например, трение колес повозки, движущейся по земле; оно не ломает, а только прикасается, и о нем можно сказать, что оно имеет природу ходьбы шагами бесконечной малости или мелкости.

Трущиеся движения бывают двоякие, а именно: горизонтальные и наклонные, и никогда не бывают направлены к центру мира, разве только опосредствованным образом (per accidente) (С. А., 209об. а).

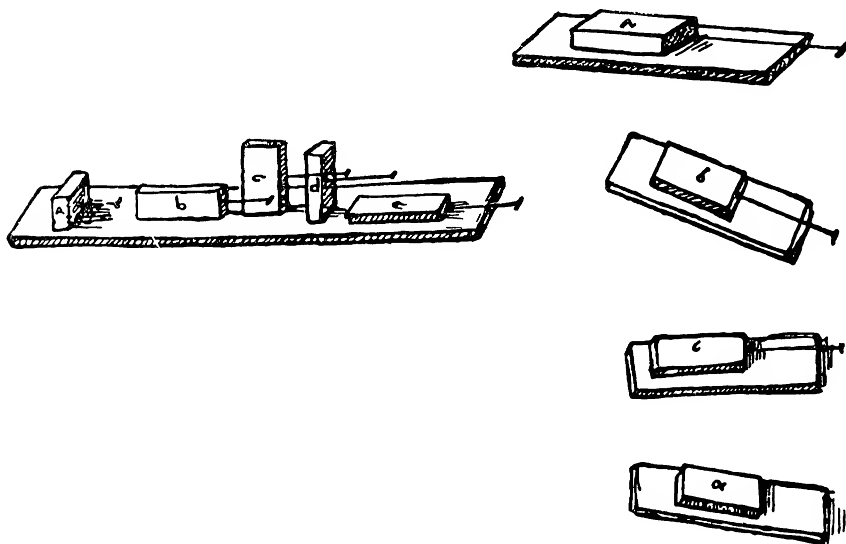


Сопротивления при трении тяжестей столь разнообразны, сколь разнообразны и тела, трущиеся друг о друга. И если поверхности

трущихся друг о друга тел будут плотными, со стойкими ровными поверхностями, то большая площадь соприкосновения будет иметь сопротивление, равное площади малой (В. М., 41).

О трении гладких тел, происходящем по прямой и наклонной, кривой и круговой линии, и о качестве трущихся тел.

Трения бывают четырех видов. Первый из них — когда оба тела гладки и ровны, как здесь предположено; второй — когда волочи-



мое тело и плоскость, по которой оно движется, шероховаты; третий — когда волочимое тело шероховато, а плоскость, по которой оно движется, гладкая; четвертый — когда волочимое тело гладкое, а плоскость, по которой его тащат, шероховатая. Произведи опыт в подтверждение того, что гладкий предмет, который тащат по гладкой поверхности, при движении сопротивляется тому, что его движет, с силой, равной четверти своей тяжести. То же применительно к двум

следующим видам: все равно, двигать ли шероховатый предмет по гладкой плоскости или гладкий предмет по шероховатой плоскости. Четвертый вид — когда шероховатый предмет движется по шероховатой плоскости.

Трение гладких тел будет давать тем меньшее сопротивление и тем бо́льший вес, чем менее полога поверхность, по которой оно движется, если движущее расположено над движимым.

Трение гладких тел будет тем больше терять в сопротивлении и в весе, чем более полога поверхность, по которой оно движется, если движущее расположено ниже, чем движимое.

Если гладкая наклонная поверхность приводит к тому, что гладкое тяжелое тело весит по линии движения одной четвертой частью своей тяжести, то тяжелое тело само по себе предрасположено опускаться вниз.

Тяжелое тело, которое движется без качения, причем трущаяся поверхность—гладкая всегда будет иметь силу трения, равную одной четвертой части своей тяжести.

Трение гладких и ровных тел сопротивляется движущему с силой, равной одной четверти тяжести (С. А., 198—198об. а).

Те тела, поверхность которых более гладкая, имеют меньшее трение.

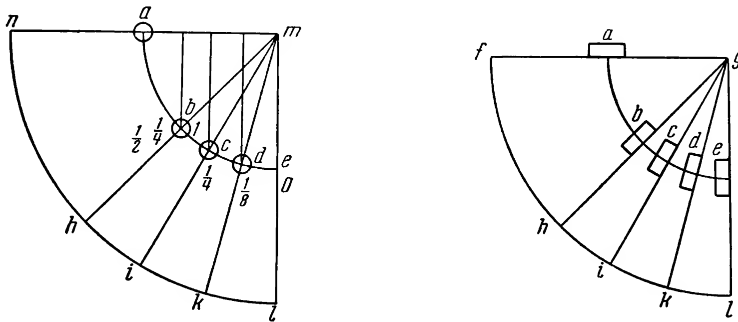
Из тел одинаковой скользкости (lubricità) более тяжелое дает более сильное сопротивление при трении.

В теле одинаковой скользкости, но с неодинаковыми сторонами, трение, производимое любой из этих сторон, сохранит силу сопротивления своему двигателю.

В теле с неодинаковыми сторонами, хотя бы они имели везде одинаковую шероховатость, трение на большей стороне будет больше. Доказательство: если частица гибкой шероховатой поверхности, например сукна, обладает сопротивлением равным единице, то необходимо, чтобы четыре частицы оказывали сопротивление равное 4, и сто — сопротивление равное 100. Но если частица нагружена большой тяжестью, то она подается, и тело, которое должно тереть-

ся, не встречает больше этой частицы, мешающей ему, ибо она подалась, расплющилась и лишилась всякого сопротивления (С. А., 72об. а).

Положение трущихся тел. Столько же существует наклонов меньших *gh*, сколько существует наклонов, бо́льших



gh, ибо в треугольнике *fgh* можно построить столько же треугольников с теми же основаниями и длинами [высотами], сколько и в треугольнике *ghl*.

По первому [положению], приведенному выше, во второй [фигуре], помещенной здесь, трущееся тело *a* на испытывающем трение *fg* передает своему двигателю тяжесть, равную $^1/_4$ своей естественной тяжести; *b* — $^1/_2$ от этой четверти, *c* — $^1/_4$, *d* — $^1/_8$; каковая часть при движении от *d* до *e* превращается в ничто, благодаря тому последнему наклону, где происходит трение, равное $^1/_8$ части, и который, сливаясь с вертикальной линией, уничтожает всякую тяжесть вместе с трением.

Заметь, что уменьшение тяжести при уменьшении пологости поверхности, о которую эта тяжесть трется, уменьшает также силы трения. Следовательно, если трущийся груз *a* весит 4 фунта, то трение его имеет силу сопротивления, равную 1 фунту, а при среднем наклоне *c* тяжесть, уменьшившись на половину, оказывается равной 2 фунтам на своем наклоне, $^1/_4$ которых составляет $^1/_2$ фунта (E, 78).

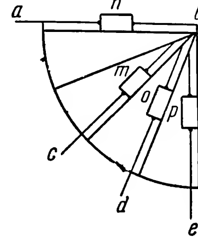
Всякое тяжелое тело, которое рождает трение на наклонной плоскости, делит свой вес на две части, каковые будут тем более равны между собой, чем более пологой будет плоскость (С. А., 348 с).

Здесь *d* с силой, равной $^1/_4$ тяжести *m*, преодолевает трение этого груза, т. е. с силой равной 1 фунту. И при положении *c* будет также преодолеваться трение этого груза, но с силой равной $^1/_4$ той тяжести, которая остается у *m*; т. е. если в *m* остается 2 фунта по причине реального подвеса *mc*, поднимающего *m* вверх с силой равной 2, то, следовательно, этот подвес нагружается 2 фунтами, а 2 остаются у *m*, и, следовательно, *m*, двигаясь, будет производить трение о плоскость, на которой оно держится, с силой равною $^1/_4$ этих 2 фунтов. Таким образом, если в *c* сила возрастет на $^1/_2$ фунта по сравнению с 2 фунтами, то этот груз сдвинется с своего места. Хотя в доказательстве и кажется, что сдвигают 2 $^1/_2$ фунта, но как ты видел, это всего лишь $^1/_2$ фунта, которые становятся равными сопротивлению 2 фунтов, остающихся в *m*, а 2 фунта действуют в направлении двигателя *c*.

a поддерживает 4 фунта *m*, *b* поддерживает 3, *c* поддерживает 2, *d* не поддерживает ничего и действует заодно с трением, т. е. с силой, равной $^1/_4$ этой тяжести *m*; следовательно, *a* поддерживает всю тяжесть и не трет, *d* не поддерживает ничего и только трет, ибо в этом *d* нет ни рычага, ни противорычага; и то же происходит в *a*, там также нет ни рычага, ни противорычага; а на всякой другой линии бывает рычаг и противорычаг (С. А., 201об. а).

О т р е н и и. Плотное тело, трущееся о плотную плоскость, находящуюся в горизонтальном положении, встречает такую же трудность от трения вправо, как и двигаясь влево.

Но если плотное тело будет тереться, двигаясь по направлению к более высокому положению наклона, движение сделается во столько труднее сравнительно с вышеупомянутым, во сколько раз противоположное движение легче. Следовательно, трудность с одной стороны возрастает во столько раз, во сколько она убывает с другой.



П о д с ч е т т р е н и й. Груз *n* оказывает сопротивление, равное $^1/_4$ своей естественной тяжести; *m* сопротивляется $^1/_8$ частью своей тяжести; *o* сопротивляется $^1/_{16}$ частью; *p* не сопротивляется, ибо в нем трение уничтожено. Но, чтобы сказать лучше: *n* сопротивляется $^1/_4$ своего естественного веса, *m* сопротивляется $^1/_2$ от $^1/_4$, *o* сопротивляется $^1/_4$ от вышеуказанной $^1/_4$, *p* не сопротивляется ничем, ибо $^1/_4$ названной $^1/_4$ уничтожается при движении, совершенном от *o* до *p* и равном $^1/_4$ (Е, 78об.).

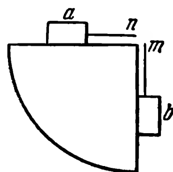
Когда под влиянием природы своего положения тяжелое тело сохранит лишь $^1/_2$ своей тяжести, тогда трение его приобретает $^1/_3$ своей силы. Доказывается это так. Допустим, что груз дотянут до точки *m*, находящейся на отвесной линии под серединой горизонтали *ac*; тогда он имеет ровно $^1/_2$ своей естественной тяжести для двигателя, передвигающего его по наклону *mc*; но эта линия не является средним наклоном, а составляет, собственно говоря, треть, ибо линия *mc* пересекает кривую *ao* в точке *m* на трети этой кривой. Итак, если естественная тяжесть груза равна 12 фунтам, то его трение будет равно $^1/_4$ от этих 12, т. е. 3. Но так как этот груз дотянут только до третьей ступени наклона, то его трение достигло только третьей ступени своей силы, т. е. единицы; таким образом, чтобы тянуть груз в 12 фунтов по наклону *mc*, требуется сила, превосходящая 7, — не иначе.

Этот рисунок показывает ступени силы трения тяжестей, которые

тащат по разным наклонам; и трение никогда не составит четверть влекомой тяжести, если эта тяжесть не будет передвигаема по горизонтальной линии. И происходит это оттого, что ступени возрастания тяжести равны лишь в начале и в конце и начинаются с противоположного конца по сравнению со ступенями трения.

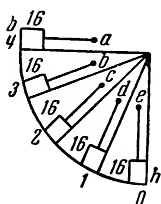
З а к л ю ч е н и е. Я утверждаю, что груз *m* по линии *mc* имеет лишь $^1/_2$ своей тяжести. А следовательно, поскольку трение оказывает всегда сопротивление, равное $^1/_4$ такой тяжести, оно здесь дойдет до $^1/_2$ своей силы (В. М., 187).

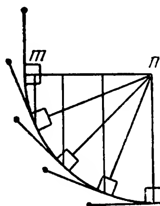
Возникновение тяжести для движущего всегда будет начинаться с положения, противоположного тому, с которого возрастает его трение.

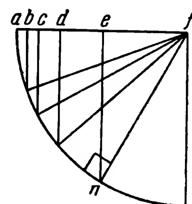


Тело *a* само по себе не отдает движущему *n* никакой части своей тяжести, ибо эта тяжесть только давит на горизонтальную поверхность, на которой она лежит. Это движущее испытывает затруднение единственно от полного трения, которое составляет $^1/_4$ его тяжести.

Наоборот, движущее *m* не ощущает никакой части силы трения, ибо *b* не трется ни в одной своей части, и движущее нагружается всей естественной тяжестью поддерживаемого им груза.







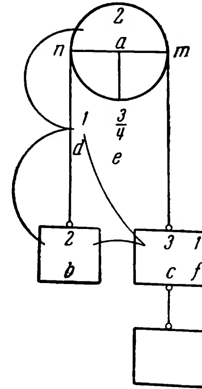
Этот рисунок показывает ступени приобретения или утраты трения тел, волочимых по разным наклонным плоскостям, а именно эти ступени обозначены на дуге *bh*.

На линии *mn* показаны ступени приобретения и утраты тяжести для силы двигателя.

Чем более уменьшается тяжесть для движущего, тем более возрастает трение; и чем более уменьшается трение, тем более растет тяжесть. Но эти возрастания и убывания тяжестей как таковые не соответствуют возрастанию и убыванию трения, ибо они не измеряются сообразно одной и той же основе (natura).

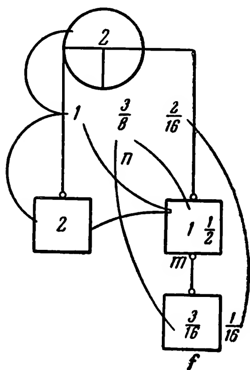
Все ступени трения должны браться на линии *af*, ибо качество трения всегда сообразуется с природой влекомой тяжести (В. М., 187об.).

a — ось, весящая 2 фунта, *b* — груз, подвешенный к этой оси; вместе они составляют 4 фунта, и эти 4 фунта оказывают сопротивление при трении оси. Сила этого сопротивления равна $^1/_4$ тяжести любого груза, участвующего в подобном трении. В данном случае мы скажем, что она равна 1 фунту, ибо вся тяжесть *a* и *b* равна, как сказано, 4 фунтам. Итак, мы поместим этот фунт в *d* и скажем, что *d* и *b* составляют 3 фунта. Против них на плече *am*, равном плечу трения *an*, мы поместим другие 3 фунта в *c*. Эти вновь помещенные 3 фунта оказали бы полное сопротивление силе 3 фунтов в *d* и *b*, если бы им не мешала $^1/_4$ их собственной тяжести, которая уходит на их трение. Вот почему мы прибавим еще фунт в *f*, что составит в *c* и *f* в итоге 4 фунта. Из этих 4 фунтов один будет уходить на трение, равное 1 фунту, а другие 3 фунта в *c* будут свободно и полностью противостоять 3 фунтам в *d* и *b*.



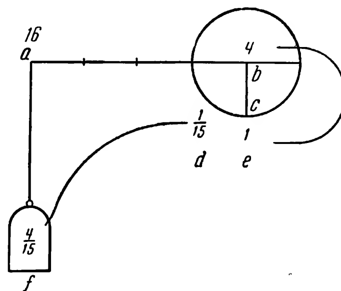
Но если плечо противовеса оказалось бы вдвое больше плеча трения, то противовес составит половину противоположной силы. Поэтому мы противопоставим трению в качестве противовеса половину этой силы, т. е. $^3/_{16}$ против $^3/_8$. Но так как эти $^3/_{16}$ теряют $^1/_4$ своей силы, ибо должны сопротивляться своему трению, мы прибавим еще $^1/_{16}$, что составит $^4/_{16}$. Так как эта $^1/_{16}$ находится на плече вдвое большем плеча трения, оно имеет способность $^2/_{16}$. И в этом

случае сила всегда должна превосходить половину противовеса, и какой бы вес ты ни прибавлял, он всегда превзойдет эту половину.



Итак, здесь он превосходит на $^1/_2$ от $^1/_{16}$, и нет другого средства избавиться от этого, как увеличить тяжесть оси на столько, чтобы ее $^1/_4$ была равна этой $^1/_2$ от $^1/_{16}$, т. е. сама она будет равна половинам от $^1/_{16}$ или $^1/_8$, а ее четверть — $^1/_{32}$, и $^4/_{32}$ составляют $^1/_8$, каковая тяжесть ⟨...⟩ (С. А., 154 b).

Умножь плечо противовеса на 4, взятое столько раз, сколько в нем содержится плечо трения, и от произведения отними 1; на получившийся остаток раздели величину трения, а то, что получится, умножь на 4,— тогда произведение будет равно противовесу к трению самого этого противовеса и к трению оси.



ab — пусть будет плечо, на котором держится противовес. Его я умножу на 4, взятое столько раз, сколько в нем содержится противоположное плечо трения *bc*. Так как это плечо *ab* содержит 4 раза плечо *bc*, ты должен будешь умножить 4 на 4, что даст 16. От произведения отними 1, останется 15; на этот остаток раздели трение оси, которое равно 1, в *e*, получится $^1/_{15}$. Эта $^1/_{15}$ и является той единицей, которую я отнял от 16, так что в *a* осталось 15; теперь эта единица именуется $^1/_{15}$. И эта $^1/_{15}$ служит для выражения всех других величин веса, противовеса и трения. Затем умножь эту $^1/_{15}$ на 4, и результат такого умножения будет противовес к трению самого этого противовеса и к трению оси (С. А., 70об. b).

Каждое тяжелое тело побеждает сопротивление трения груза, равное четвертой части его веса (С. А., 77об. а).

Всякое тело сопротивляется при своем трении с силой, равной одной четверти своей тяжести, если движение происходит по плоскости, а поверхности плотные и гладкие.

Пусть тяжесть влекомого тела разделена на четыре равные части, и то же нужно сделать с плечами ее весов,— тогда подсчет движущих сил и трения движимых тел легче производить.

Умножь плечо противовеса на 4, взяв эти 4 столько раз, сколько раз в этом плече содержится плечо трения оси, и от произведения отними единицу; трение оси раздели на полученный остаток и частное умножь на 4. Произведение будет противовесом к трению самого груза [т. е. противовеса] и к трению названной оси.

Умножение плеча противовеса на четверку, взятую столько раз, сколько раз в этом плече содержится плечо трения, производится потому, что, как я сказал в предпоследнем положении, тогда легче производить подсчет тяжести оси, деленной на четыре.

«И от произведения отними единицу»,— эта единица есть истинное трение противовеса, т. е. его четверть.

«И трение оси раздели на остаток»,— это деление служит не чему иному, как определению наименования вычисляемых частей. Следовательно, та единица, которую ты отнял, получила теперь наименование того, чьей единицей она является, т. е. является ли она целым, половиной, четвертью.

Последующее умножение этой единицы на 4 приводит к тому, что произведение есть противовес к трению оси и вместе с тем противовес к этой единице, умноженной на 4 (т. е. к собственному трению самого противовеса). Если мы поступим так, силы окажутся равны своим сопротивлениям (С. А., 72об. b).

О пригонке осей. Нужно позаботиться, чтобы оси равномерно снашивались, если они расположены по вертикальной линии.

Что касается того углубления (concavità), куда помещают ось вращающихся тел, необходимо позаботиться, чтобы оно не становилось шире. Об этом будет сказано в книге о трении.

Какое движение больше разрушает однородность осей?

Почему углубление, в котором помещается ось, снашивается больше, чем сама ось?

Какие зубчатые колеса больше снашивают углубления для оси?

Колеса, приводимые в движение канатами, снашивают ли углубления осей больше или меньше, чем колеса, приводимые в движение зубцами своих шестеренок (rocchette)?

Более тонкая ось больше снашивает углубление, в котором она помещается, если тяжести равны.

Снашивание углубления для оси происходит по наклонной линии в ту сторону, куда склоняется ее вращательное движение.

Какие вещества больше сопротивляются трению — плотное и плотное, редкое и редкое или редкое и плотное?

Механизмы (instrumenti), в которых движется много колес, могут оставаться совершенными не долгое, а лишь короткое время. И происходит это оттого, что колеса неоднородны по весу, по своим осям, по своей силе.

О пригонке осей колес. В телах, которые должны иметь вращательное движение, оси этих вращающихся тел, конечно, благодаря своей однородности, оказываются причиной совершенства названных движений. Вот почему ниже речь будет об этой однородности.

В каком случае больше разрушается гнездо (madre) оси? Существует три положения осей, а именно: горизонтальное, вертикальное и наклонное. Вертикальное больше снашивает гнездо, чем горизонтальное. Происходит это на основании 4-го [положения] этой [книги], гласящего, что «из осей равного веса та снашивает свое гнездо (femmina) больше, которая меньше соприкасается с ней». Итак, ось, расположенная вертикально, занимает торцовой частью меньше места, чем своими боковыми поверхностями. Исключением является случай, когда гнездо,

держащее ось, очень узкое, ибо тогда оно в короткое время стачивает эту ось.

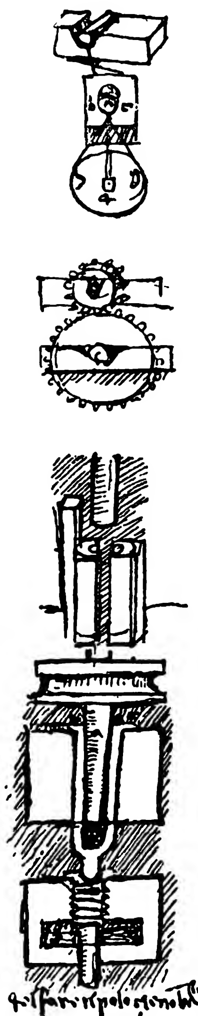
С какой стороны ось стирает свое гнездо (guaina)? Гнездо стирается с той стороны, куда ось склоняет свое движение, ибо такая ось постоянно движется именно в эту сторону, отходя все время от противоположной стороны.

С какой стороны стирается гнездо от трения своей оси? Углубление, производимое в гнезде, благодаря трению оси, располагается наклонно.

Доказывается это 4-м [положением] этой [книги], гласящим: «Всякое трение, производимое вращением горизонтальных осей на одном и том же месте, будет снашивать это место, создавая наклонное углубление». И получается это от направления двух движений оси, одно из которых обусловлено тяжестью, действующей по направлению к центру мира, а другое — трением оси о стенку; и в последнем случае ось больше приближается к стенке той своей частью, которая располагается наклонно при названном ее вращении.

Какое вращение горизонтальной оси производит отвесное углубление?

Горизонтальное вращение оси, производимое посредством обмотанной вокруг нее веревки, как это делают ювелиры, всегда будет направлять путь снашивания по линии, проходящей отвесно через центр того колеса, на котором обмотана веревка, приводящая в движение эту ось. Доказывается 5-м [положением] этой [книги], где говорится: «Та вещь, которая привязана посредине между противоположными концами поддерживающих ее веревок, не сможет приблизиться к противоположным концам этих веревок. Следовательно, ось *a*, вращаемая посредством двух равных веревок *bh* и *cg*, не сможет снашивать свое гнездо иначе, как по отвесной линии оси, на которой колесо укреплено, т. е. по линии *ad*, а не по линии *ab*, ибо веревка *bg* тянет ее к себе по направлению к *g* и не дает ей производить трение в *b*. Ты проверишь это на опыте при помощи оси *a*, выточенной в виде напильника



или рашпиля (scuffina), с колесом из мягкого камня.

Почему ось маленькой шестерни, приводимой в движение зубчатым колесом, образует наклонное углубление при трении о свое гнездо? Горизонтальная ось маленькой шестерни, приводимой в движение зубчатым колесом, вызывает стирание в виде наклонного углубления, как это выше доказано.

Что одно колесо, движущее другое, производит углубление противоположных наклонов. Зубчатые колеса, движущие одно другое, стирают своими осями поддерживающую их часть, образуя углубления противоположных наклонов, ибо колеса совершают противоположные движения (С. А., 374 а).

Об осях. Сделать ось, которая не шаталась бы. *bc* — коробка (guaina) оси *a*, движется очень медленно, так что при каждых 100 оборотах оси коробка делает один. И это есть средство против того, чтобы ось не изнашивала свою коробку с одной стороны больше, чем с другой.

Но так как такая ось не очень легко вращается, необходимо, чтобы подобный инструмент приводился в движение водой или конной силой.

Та часть оси более изнашивается, которая толще — при том же числе оборотов (С. А., 374 об. а).

Какая ось более изнашивается — толстая или маленькая? Та ось более изнашивается при том же чис-

ле оборотов, которая толще. Доказывается 4-м [положением], в котором говорится: «Та вещь более изнашивается, которая при трении совершает более длинный путь». Следовательно, мы приходим к нашему выводу, ибо точка, обозначенная на оси с бо́льшим периметром, совершает более длинный путь, нежели точка, обозначенная на меньшем периметре, а потому более изнашивается при своем трении и т. д. (С. А., 374об. а).

Изнашивается ли везде одинаково пирамидальная ось? Пирамидальная ось, расположенная вертикально, изнашивается, но изнашивается пирамидально[33]; пропорции этой пирамиды — такие же, как и самой оси. Доказывается 3-м [положением], гласящим: «Та часть пирамидальной оси, поставленной вертикально, изнашивается более при своем вращении, которая толще». Доказательство: пусть толщина верхнего конца оси равна 4, а нижнего 2. Согласно 5-му [положению] книги «О началах»: «Отношение между окружностями такое же, как и между диаметрами». Следовательно, бо́льшая окружность вдвое больше меньшей. Я утверждаю, что вращение оси не будет изнашивать ее одинаково, но тем больше вверху, чем внизу, во столько раз, во сколько раз более длинный путь и более быстрое движение совершит за одно и то же время точка, обозначенная на верхней окружности, по сравнению с точкой, обозначенной на нижней окружности. Следовательно, такое изнашивание — не параллельное, как думает противник, а пирамидальное (С. А., 374об. а).

Та ось, которая, не меняя положения, находится в меньшем контакте со своей опорой (sostentaculo), будет легче вращаться.

Из осей, меняющих положение, та будет вращаться легче, центр которой находится более кнаружи от отвесной линии, проходящей через точку соприкосновения этой оси с ее опорой, если движение происходит по наклону вниз.

Но если ось, меняя положение, будет посредством своего движения подниматься вверх, то вращение окажется тем труднее, чем

более центр ее находится кнаружи от отвесной линии, проходящей через точку соприкосновения оси и опоры (С. А., 374об. b).

Об осях колес

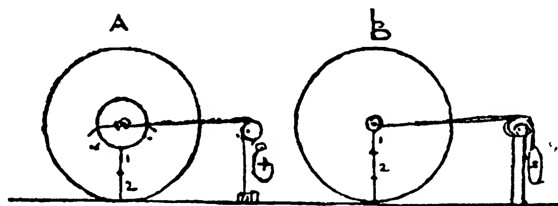
Из колес одинакового диаметра легче будет вращаться то, которое держится на меньшей **оси.**

Если диаметр оси содержится 6 раз в диаметре колеса, весящего 300 фунтов, то во столько же раз меньшую тяжесть ощущает опора этой оси.

Вся тяжесть колес держится на опорах их осей, и уменьшается для того, кто движет такое колесо, во столько раз, сколько раз диаметр оси содержится в диаметре колеса.

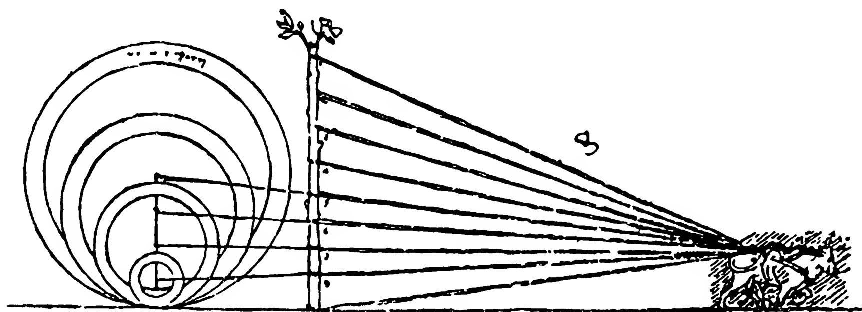
Здесь, поскольку диаметр оси содержится 20 раз в диаметре колеса, 2000 фунтов этого колеса, нагружающие ось, превращаются для двигателя в 100 фунтов (С. А., 306об. b).

Доказательство, почему из двух колес равного веса и [величины] то, которое имеет



более тонкую ось, будет легче двигаться. В колесе *A*, вследствие того, что оно имеет толстую ось, от земли до нее остается только 2 унции; в колесе же *B*, вследствие того, что оно имеет ось тонкую, линия, идущая от земли до этой оси, достигает 3 унций. Посему, на основе приводимого ниже примера с деревом и колесами, доказывается, что и в этих двух колесах то, которое имеет более тонкую ось, будет двигаться с большей легкостью.

Доказательство, почему более высокое колесо легче тянуть при помощи той же тяжести. Любая телесная вещь, которая располагается между двумя прямыми углами и поднимается в высоту, имея везде одинаковую толщину, сможет быть сброшена или оттянута на землю тем



легче, чем выше испытывает удар, или чем выше ее будут тянуть, так как чем дальше она от места своего рождения, тем слабее она становится.

Пример. Представь себе изображенное дерево. Если привязать веревку наверху, его притянет к земле один бык, а за нижнюю часть его не сдвинуть и девятью. Этот пример дан для доказательства, что чем колесо больше, тем выше его центр от уровня земли и тем удобнее оно выполняет свое назначение (С. А., 211 а).

О зубчатых колесах

Я нахожу, что $^1/_{50000}$ часть $^1/_2$ грана преодолевает и поднимает 1000 фунтов тяжести, если в каждом колесе на 10 частей рычага приходится одна часть противорычага (С. А. 40об. b).

Ни одно материальное или видимое движение не обладает такой скоростью, которая могла бы сравниться с движением части колеса, вращаемого движением многих других колес.

При одном обороте колеса *m* второе делает 20, ибо это колесо *m* имеет 200 зубьев, а маленькая шестеренка второго колеса имеет 10 зубьев, и так как 10 содержится 20 раз в 200, то 20 оборотов совершит названное второе колесо, и так далее — при каждом обороте каждого колеса соответствующее ему колесо делает 20, ибо все они устроены одинаково. И здесь внизу можно видеть результаты движения. И точка, которую можно нанести на краю последнего колеса *n*, при каждом обороте этого колеса проходит $3^1/_7$ локтя, ибо диаметр колеса равен одному локтю. Теперь смотри здесь внизу: при каждом обороте первого колеса *m* сколько оборотов делает последнее *n*, и сколько локтей проходит названная выше точка, сделанная на его краю? Впрочем, опыт, из-за накаливания, не удался бы ни под водой, ни вне воды.

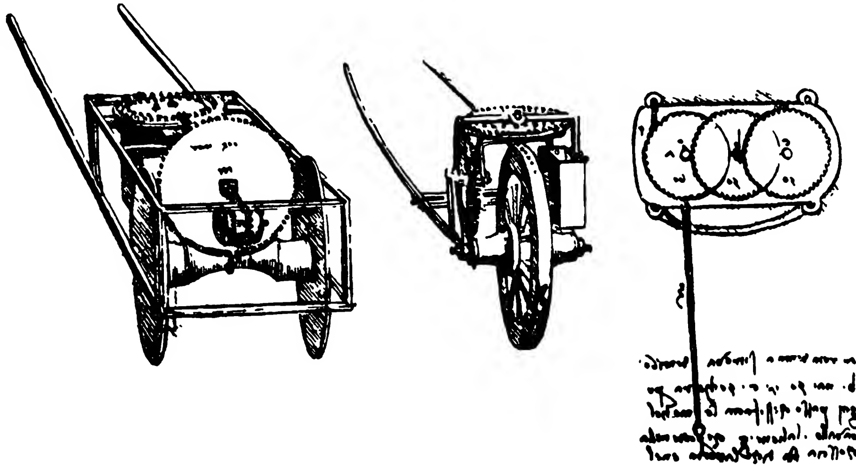
Умножай всегда каждый результат на 20.

1
20
400
8000
160000
3200000
64000000
1280000000
25600000000
512000000000
10240000000000
204800000000000
4096000000000000
81920000000000000
1638400000000000000

(C. A., 338об. b).

a — зубчатое колесо с 60 зубцами, *b* имеет их 50 и *c* — 50. При каждом шаге, который делает человек или конь, рычаг *g* ударяется о бедро несущего его и при движении своем передвигает на один

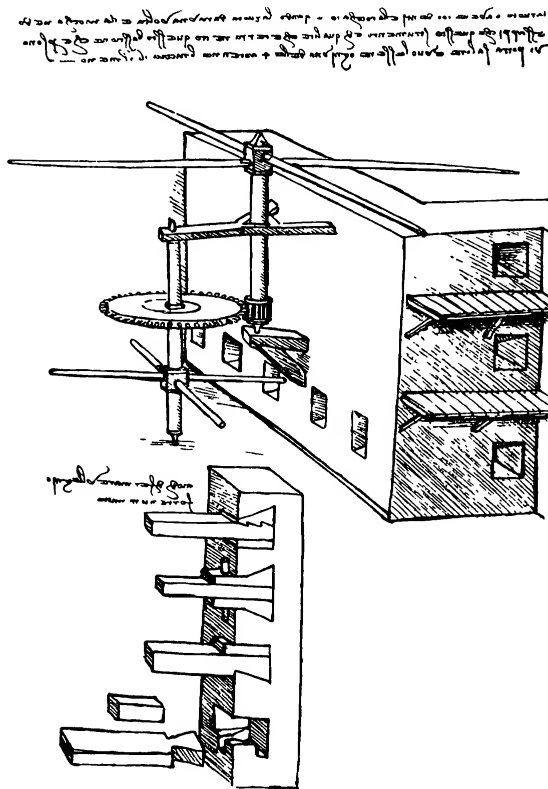
зубец колесо *a*, и собачка *f* держит его, не давая поворачиваться назад. Следовательно, колесо делает полный оборот при 60 шагах, и в то же время колесо *b* передвинулось всего на один зубец, так



как шестерня у *a* имеет только один зубец. Колесо *a* имеет 5 дюймов, в окружности и 12 зубцов на дюйм, что дает 60 зубцов и для диаметра $1^{13}/_{22}$ дюйма.

Колесо повозки оборачивается на протяжении 10 локтей, откуда следует, что диаметр равен $3^{4}/_{22}$ локтя. И доказывается тем, что, если этот диаметр умножить на $3^{1}/_{7}$, увидишь, что произведение составит 10 в точности. И если тебе нужен простой способ находить диаметр любого круга, возьми круг известного диаметра, равный 22, в котором диаметр равен 7, каковой диаметр при умножении на $3\ ^{1}/_{7}$ даст 22. Либо по тройному правилу: если окружность 22 дает мне диаметр 7, что́ даст мне окружность 10? Сделай и найдешь, что даст тебе $3^{4}/_{22}$. Итак, когда колесо повозки совершит полный оборот, оно отмерит тем самым 10 локтей земли, т. е. $^{1}/_{300}$ часть мили, равной 3000 локтей, и колесо *m* продвинется только на пространство одного из своих зубцов, которых у него 300; отсюда ясно, что когда колесо *m* совершило полный оборот, повозка

в точности отмерила расстояние одной мили, а колесо *f* подвинулось только на пространство одного из своих зубцов, и то же сделало колесо *n*, показывающее стрелкой своей каждую милю,—не иначе, чем часовая стрелка часов свои часы; но колесо *f*, вместо того чтобы показывать [глазу], заставляет ухо слышать шум или звук, производимый маленьким камнем, падающим в сосуд, способный улавливать звук (С. А., 1 а).



Колесо должно иметь 100 зубцов, а шестерня 10. И когда колесо совершит один оборот, шестерня совершит их 10. И знай, что этот

инструмент способен будет очищать бастион [от людей], так что никто не сможет взобраться на него. Каждый из 4 шестов должен иметь 16 локтей по меньшей мере.

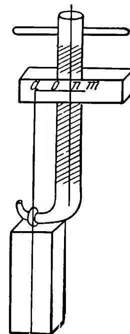
[У нижнего рисунка] Способ прочно укреплять дерево в стене (С. А., 32об. а).

О винте

О причине действия винта. Чем ближе к первой степени легкости [facilità, т. е. наклона] находится тяжесть и чем дальше она от последней степени, тем более способной будет она подниматься в сравнении с последней степенью (А, 42об.).

Тот, кто знает, какая тяжесть поднимает 100 фунтов вверх по этому наклону, знает работу винта (Forst. II, 87).

Вопросы о винте. Пусть даны сила движущего и тяжесть движимого вместе с толщиной простого винта. Спрашивается, какова длина рычага? И если даны длина рычага, сила движущего и сила движимого, спрашивается, какова толщина винта? Или: если даны толщина винта, длина рычага и тяжесть движимого, спрашивается, какова сила движущего? Если даны сила движущего, толщина винта и длина рычага, требуется найти тяжесть движимого.



Итак, поищи в книге об «Элементах машин» и там найдешь определение винта и то, что выше спрашивается (Е, 2).

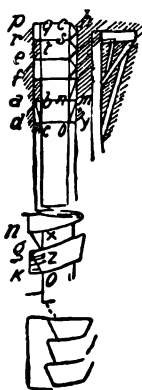
Если центр тяжести груза окажется вне того отвеса, который проходит через центр винта, приводящего в движение, этот груз будет тем тяжелее для своего двигателя, и нарезки винта и объемлющей его гайки будут подвергаться действию двух противоположных сил в противоположных направлениях.

a — центр тяжести, *n* — центр винта. В соответствии с 5-м [положением] «Теории» мы скажем, что тяжесть оказывается

большей для двигателя во столько раз, сколько *nm* содержится в *na*.

Нарезка винта со стороны *o* соприкасается нижней своей частью с верхней частью нарезки гайки, а нарезка со стороны *m* — наоборот (Forst. II, 97).

Из винтов одинаковой толщины тот будет представлять больше трудности для двигателя, у которого шаг нарезки меньше. При одинаковой длине и толщине винта и при одинаковой нарезке ты найдешь, что наиболее легким движением будет обладать тот винт, у которого шаг нарезки больше. Тот винт будет более способен выдерживать тяжести, у которого шаг нарезки меньше, но зато его труднее двигать (Forst. II, 77об.).



Та опора, центральная линия которой образует меньший угол (manco obliqua) с линией, проходящей через центр поддерживаемой ею тяжести, будет более нагружаться этой тяжестью.

Ясно, что нарезка винта *abcd* крепче нарезки *sch*. Но подъем ее гораздо круче, а потому представляет больше трудности для двигателя, нежели подъем нарезки треугольной, ибо на 2 прямоугольных выступа приходится 3 треугольных. Однако крепость выступа *abcd* определяется лишь из треугольника *abc*, а треугольник *adc* действует впустую, ибо не участвует в работе при подъеме винта вверх: противоположный выступ *nmo* имеет ту же действенность при том же выносе, что и прямоугольный,— ту же силу (или, иначе говоря, ту же сопротивляемость).

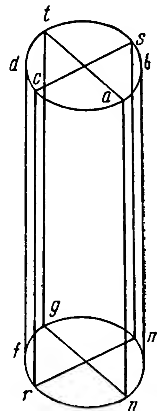
Треугольная нарезка представляет меньше трудности для двигателя, потому что на 2 прямоугольных выступа приходится 3 треугольных. Отсюда мы делаем заключение: из трех распространенных разновидностей винтовой нарезки наиболее слабая — треугольная, прямоугольная крепче и представляет больше трудности для двигателя, а ортогональная [профиль которой образует пря-

моугольный треугольник] такая же крепкая, как и прямоугольная, и такая же легкая, как и треугольная равносторонняя, т. е. при том же шаге лучше любой другой (Forst. II, 79).

Винт с прямоугольной нарезкой. Этот винт крепче всякого другого и может выдержать бо́льшую тяжесть. В самом деле, обыкновенные винты имеют в своей нарезке две поверхности, а этот имеет их три, и тогда как в общераспространенных винтах нарезка широкая у нижнего конца, тонкая и слабая — у головки, здесь нарезка везде ровная и прочная. И мне пришлось видеть на опыте, что даже железный винт под действием не слишком большой тяжести испортил всю нарезку гайки, что не случилось бы вот с этим винтом.

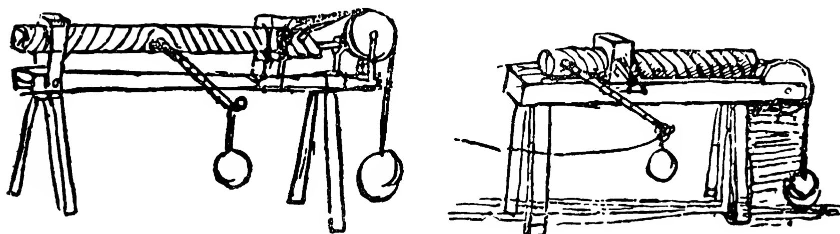
О треугольной нарезке. Это — тип общераспространенного обычного винта. Хотя треугольная нарезка и более слаба в сравнении с вышеописанной прямоугольной, но такой винт тянет легче, ибо в то время как при прямоугольной нарезке гайка должна соприкасаться с тремя поверхностями, здесь она должна соприкасаться лишь с двумя. А мы видим на опыте, что чем менее гайка соприкасается с винтом, тем легче несет она не слишком большой груз (C. A., 14a).

О разметке винта. Сначала раздели головку винта двумя диаметрами накрест. И также поступи с другим концом. Затем проведи линии, выходящие из головки винта и идущие через всю его длину, начиная от концов верхних диаметров и достигая соответствующих им точек внизу, какова, например, линия *an*, начинающаяся у диаметра *at*. Затем раздели диаметр на 16 частей и циркулем отмерь расстояние в $^1/_{16}$; отложи его у головки на линии *rc*, потом на линии *na* отложи $^2/_{16}$, на линии *mb* — $^3/_{16}$ и на линии *gt* — $^4/_{16}$. Таким образом ты отложил от начала линии *gt* ровно $^1/_4$ верхнего диаметра, и таков должен



быть шаг нарезки. Откладывай циркулем еще $^1/_4$ указанного диаметра, постепенно размечая дальше вниз, а затем возьми хорошо навощенную нить и оберни ее вокруг винта, касаясь сделанных отметок (С. А., 295 а).

Испытать силу винтов. Один виток в гайке; сделай испытание с двумя, тремя, четырьмя, пятью, шестью винтами при том же весе и рычаге и проследи различия. И проверишь, сокращает ли время или нет винт, изображенный на 2-м рисунке при том же



числе витков в гайке, как и в первом случае. Также надлежит произвести испытание всякого рода винтов, т. е. двух, трех, четырех, пяти, шести двойных [т. е. с вдвое меньшим шагом]. Нужно испытать винт и гайку толщиною в $^1/_8$ локтя и в обоих случаях взять рычаг в локоть, поместив на конце [рычага] груз какой тебе угодно,— тогда ты увидишь разницу в подъеме. Заметь ее себе (С. А., 381 а).

Строительная механика

О трещинах зданий

Сначала напиши трактат о причинах, порождающих повреждения в стенах, а затем отдельно трактат о средствах предотвращать их.

Как правило, параллельные трещины появляются в тех зданиях, которые строят в горных местностях, где горные породы расположены наклонными слоями. И так как в эти наклонные слои часто проникает вода и другая влага, несущая жирную и скользкую

землю, и так как подобные слои не доходят до глубины долин, то поэтому такие породы сползают по своему наклону и не прекращают своего движения до тех пор, пока не спустятся до глубины долин, унося с собой словно барку ту часть здания, которую они отделили от остальной, неподвижной.

Средство против этого — заложить под сползающей стеной в виде фундамента частые столбы с арками, перекинутыми от одного столба к другому и хорошо скрепленными; и столбы эти должны прочно залегать в слоях, не подвергающихся разлому.

Чтобы найти устойчивую часть вышеназванных слоев, необходимо сделать у подножия стены колодец, глубоко уходящий в эти слои; в колодце нужно выровнять гладкую поверхность шириною в ладонь, проходящую от его устья до его дна в направлении горного склона; и по прошествии известного времени эта гладкая часть на стенке колодца наглядно покажет, какая часть горы ползет вниз (В. М., 157).

О причине трещин в общественных и частных зданиях. Стены дают трещины, одни — вертикальные, другие — наклонные; вертикальные порождаются при соединении новых стен со старыми, либо надстраиваемых над старыми, либо соединяемых со старыми посредством штраб; поскольку такие штрабы неспособны противостоять непосильной нагрузке стены, с ними соединенной, они по необходимости дают трещины и производят в новой стене осадку, составляющую один локоть на каждые 10 локтей, или больше и меньше, в зависимости от большего или меньшего количества известкового раствора, заключающегося между камнями кладки, и в зависимости от большей или меньшей его густоты. И заметь, что всегда сначала следует заканчивать стены и только потом облицовывать их облицовочными камнями, ибо в противном случае стена давала бы бо́льшую осадку, чем облицовка, что приводило бы к разлому в штрабах, сделанных в поверхности стен. Ведь камни, которые облицовывают стены, будучи крупнее камней, ими облицованных, по необходимости требуют

меньшего количества раствора в своих швах, а следовательно, дают меньшую осадку. Это не может случиться, если такую облицовку ставят после просыхания стены (В. М., 158).

О трещинах в стенах, которые широки внизу и узки вверху, и об их причинах. Та стена, которая не сохнет равномерно и одинаково быстро, всегда дает трещины. И та стена всюду одинаковой толщины, которая не находится в соприкосновении с однородной средой, не высыхает одинаково быстро. Например, если одна часть стены сооружена в соприкосновении с влажной горой, а другая остается в соприкосновении с воздухом, эта последняя сокращается по всем направлениям, а влажная сохраняет свою прежнюю величину; та часть, которая высыхает на воздухе, сокращается и уменьшается, а та, которая увлажняется, не сохнет, отчего легко получается разрыв между сухим и влажным, поскольку влажное неспособно угнаться за движением того, что непрерывно высыхает (В. М., 138).

О сокращении влажных тел неоднородной толщины или ширины. Окно *a* является причиной разлома *b* и этот разлом увеличивается от тяжести *nm*: последняя более вонзается или проникает в землю, на которой покоится ее фундамент, нежели делает это более легкая часть *b*. Кроме того, старый фундамент, покоящийся под *b*, дал осадку, каковую не дали столбы *n* и *m*. Часть *b* не оседает отвесно, а выпирает кнаружи по косой линии и не может, наоборот, заваливаться внутрь, ибо такая обособившаяся от целого часть шире снаружи, чем внутри, и края остальной стены имеют те же очертания. Поэтому если такая обособившаяся часть должна была бы уходить внутрь, это значило бы, что большее входит в меньшее, что невозможно. Следовательно, мы сделали заключение, что по необходимости часть такой абсиды обособляется от целого, выпирая нижнюю часть свою кнаружи, а не кнутри, как полагает противник, и т. д.

Когда куполы (полные или половинные) будут нагружены сверху чрезмерной тяжестью, своды их разойдутся, давая трещину,

уменьшающуюся кверху и широкую внизу, узкую внутри и широкую снаружи, наподобие кожуры померанца, разделяющейся вдоль на много частей: когда давят на него с противоположных концов его длины, то больше разойдется та часть его швов, которая дальше находится от давящей на него причины. Вот почему арки сводов какой-либо абсиды никогда не следует нагружать арками главного здания, ибо то, что имеет бо́льшую тяжесть, больше давит сверху на то, что находится под ним снизу, и более опускается на свои фундаменты, а это не может иметь места при наличии более легких тел, каковы вышеуказанные абсиды.



Какой из этих двух кубов будет более равномерно сокращаться? Куб *a*, покоящийся на полу, или куб *b*, подвешенный в воздухе, при условии, что оба имеют одинаковый вес, объем и состоят из глины, смешанной с одинаковым количеством влаги?

Куб, покоящийся на полу, более сокращается в высоту, чем в ширину, что невозможно для куба, находящегося наверху и подвешенного в воздухе. Доказывается так (куб, изображенный выше, лучше показан здесь внизу):

Окончательной формой обоих цилиндров *a* и *b*, сделанных из свежей глины, будут пирамидальные фигуры *c* и *d*. Доказывается так: цилиндр *a*, покоящийся на полу, будучи сделан из глины, в значительной степени влажной, оседает от собственной тяжести, направленной к его основанию, и он осядет и станет толще тем больше, чем ближе та или иная часть его находится к его основанию, ибо там он нагружен всею своею тяжестью и т. д. И то же сделает груз *b*, каковой будет расширяться тем более, чем бо́льшую нагрузку он имеет сверху, а таковой избыток нагрузки имеется около границ его с опорой (B. M., 141об.).

Об арках

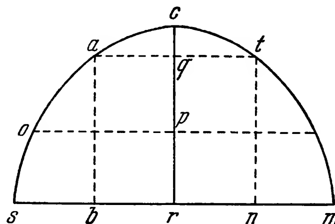
Опрокинутая арка лучше служит плечом [spalla, контрфорсом] нежели обыкновенная, ибо опрокинутая находит под собою стену, которая сопротивляется ее слабости, а обыкновенная в слабом месте не находит ничего, кроме воздуха.

О п ы т. Тяжесть, расположенная на арке, не передает всю нагрузку на ее столбы; наоборот, чем больше груз, расположенный на арке, тем меньшую нагрузку арка передает столбам. Опыт таков: пусть человек встанет на чашку безмена в середине трубы колодца; вели ему затем развести руки и ноги до стенок этого колодца,— ты увидишь, что он будет весить гораздо меньше на безмене; положи ему груз на плечи, ты увидишь на опыте, что чем бо́льший груз ты ему будешь давать, тем больше силы станет он прилагать к тому, чтобы развести руки и ноги, тем больше станет он давить на стенки, и тем меньше будет становиться вес на безмене (B, 27).

Если, стремясь разломиться, арка проявляет силу в 200 фунтов, дай ей в качестве противовеса 200 фунтов нагрузки или силы, и будет хорошо (A, 47об.).

О крепости и качестве арок и о том, где они крепки или слабы, а также о колоннах. Та часть арки, которая будет более плоской, окажет меньшее сопротивление грузу, помещенному сверху на ней.

Когда треугольник *act*, опускаясь, теснит книзу $^2/_3$ каждой половины арки, т. е. *as* и *tm*, причиной тому является, что *a* находится по отвесу над *b* и *t* над *n*.

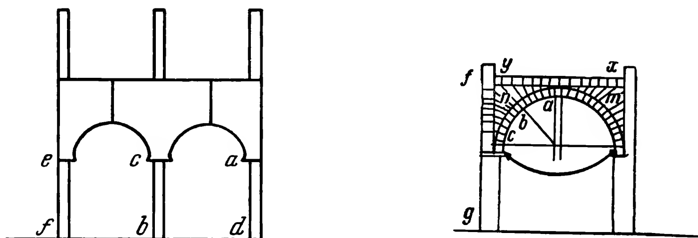


Та и другая половина арки, будучи одолеваема грузом, лежащим сверху, разломится на $^2/_3$ своей высоты, каковая часть соответствует отвесной линии, проходящей через середину ее основания, что явствует на примере *ab*. И это происходит оттого, что груз стремится упасть и пройти через точку *r*. И если бы он стремился вопреки своей природе упасть в точку *s*, то арка *cs* переломилась бы в точности посредине. А если арка *cs* состояла бы из одного цельного куска дерева, то груз, расположенный в *c*, стремился бы упасть в *s* и перелом произошел бы в середине полуарки *sm*. В данном же случае ,она переломится на одной трети сверху, в точке *a*, ибо на протяжении *ac* арка более плоская, чем на протяжении *ao* и *os*; и во сколько раз *pq* больше *qc*, во столько раз крепче *ao* по сравнению с *ac*; точно так же, чем крепче *so* в сравнении с *oa*, тем больше *rp* в сравнении с *pq*.

Та арка, площадь сечения которой удвоится, выдержит вчетверо больше груза, чем выдерживала первоначальная. И выдержит тем больше, чем меньшее число раз поперечник ее сечения содержится в ее длине. Например, если толщина первоначальной арки 10 раз содержится в ее длине, толщина удвоенной арки будет содержаться в ее длине 5 раз; следовательно, поскольку толщина удвоенной арки содержится в длине вдвое меньшее число раз, нежели толщина первоначальной в ее длине, понятно, что она выдерживает вдвое больше груза, нежели в том случае, если бы она имела пропорции первоначальной арки. Следовательно, если удвоенная арка получит

величину вчетверо бóльшую, чем первоначальная, то казалось бы, что она должна была бы выдерживать вчетверо больше, между тем вышеприведенное правило доказывает, что она выдерживает в 8 раз больше.

Тот столб, который загружен более неоднородной тяжестью, скорее подастся. Колонна *cb*, будучи загружена одинаково [на той и другой стороне], оказывается более долговечной, а обе других, наружных, должны иметь с наружной стороны, считая от их центра, такую же нагрузку, как и с внутренней (т. е. от центра колонны до середины арки).



Арки, которые держатся силою своих затяжек, не будут долговечными. Та арка долговечнее, которая встречает хорошее противодействие своему распору. Арка сама по себе стремится упасть. И если арка будет в 30 локтей, а промежуток между стенами, ее поддерживающими, будет в 20, мы знаем, что 30 не уместится в 20, если 20 не станет 30. Вот почему, если арку одолевает лежащий сверху груз, она выпрямляется и плохо сопротивляющиеся стены расходятся, давая ей проникнуть в их пространство, что ведет к разрушению арки.

И если бы ты не пожелал поставить в арке железную затяжку, то тебе пришлось бы сделать такие плечи, которые оказывали бы сопротивление ее распору. И сделаешь это так: загрузи углы *m* и *n* камнями, чтобы линии их швов направлялись к центру окружности

арки. Причина, которая сделает арку долговечной, заключается в следующем. Мы хорошо знаем, что, загружая арку на ее четверти *ab*, мы создаем распор, действующий на стену *fg*, ибо арка будет стремиться выпрямиться; а загружая другую четверть *bc*, мы завалили бы стену *fg* внутрь, не существуй ряда камней *xy*, который удерживает ее от падения (А, 49об.).

Что такое арка? Арка есть не что иное, как сила (fortezza), созданная двумя слабостями, ибо арка в сооружениях состоит из двух четвертей круга; каждая из этих четвертей круга, очень слабая сама по себе, стремится упасть, но так как одна противится падению другой, то две слабости превращаются в одну единую силу.

О качестве тяжести в арках. Поскольку арка — составная, она пребывает в равновесии, ибо одна часть напирает на другую в той же мере, в какой вторая напирает на первую. И если одна четверть круга тяжелее, чем другая, то в этом случае будет упразднена и уничтожена устойчивость, так как бо́льшая тяжесть победит меньшую.

О нагрузке арок. Помимо одинакового веса необходимо дать четвертям круга и одинаковую нагрузку сверху, иначе мы впали бы в уже указанную ошибку.

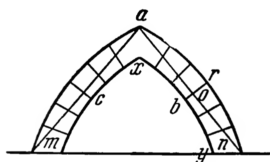
Где переламывается арка? Арка переломится в той части, которая проходит через ее середину ниже центра.

Второе место перелома арки. Если избыток тяжести расположен посредине арки в точке *a*, то тяжесть стремится упасть в *b*, и арка ломается на $^2/_3$ своей высоты, в *ce*; *ge* будет сильнее *ea* во столько раз, сколько раз *ma* содержится в *mn*.

О другой причине разрушения. Арка будет еще менее долговечной под действием поперечной силы, ибо когда сила тяжести не направлена к подножию арки, арка долго не держится (А, 50).

О средстве против землетрясений. Арка, которая будет передавать отвесную тяжесть своим пятам, выполнит свою функцию в любом положении— опрокинутом, повернутом или прямом.

Арка не разломится, если хорда наружной дуги не будет касаться внутренней дуги. Это явствует из опыта, ибо всякий раз, когда хорда *aon* наружной дуги *nra* будет касаться внутренней дуги *xby*, арка явится источником своей слабости, и окажется тем более слабой, чем больше внутренняя дуга станет заходить за эту хорду.



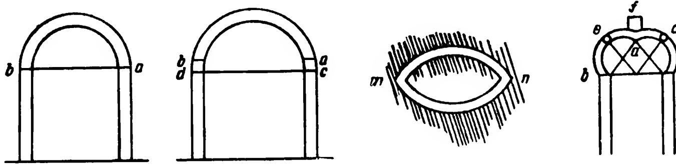
Если арка загружена с одной из сторон, то груз будет действовать на вершину другой половины и дойдет до ее основания, произведя разлом в той части, которая находится дальше от ее концов и от хорды (A, 51).

О силе арки в архитектурном сооружении. Долговечность арки, сооруженной архитектором, заключена в ее затяжке и ее плечах.

О расположении затяжки в вышеназванной арке. Располагать затяжку прежде всего необходимо в начале арки и в конце прямой линии того столба, на котором она покоится. Доказывается 2-м [положением книги] «Об опорах», гласящим: «Та часть опоры меньше сопротивляется, которая более удалена от основания, держащего целое». Следовательно, поскольку вершина столба наиболее удалена от его основания и сходно оба конца арки находятся на наибольшем расстоянии от ее середины, истинного ее основания, постольку мы заключаем, что противоположные концы подобной затяжки *ab* необходимо должны быть расположены между четырьмя указанными концами.

Противник говорит, что такая арка должна быть повышенной и тогда она не будет нуждаться в затяжке, ибо ее концы будут напирать не кнаружи, а внутрь, как явствует из излишков *ac* и *db*. Здесь

ответ гласит, что такое изобретение жалкое по пяти причинам. Во-первых, в отношении прочности, поскольку доказано, что тело цилиндрического вида (paralello circulare), состоя из двух полукружий, обычно разламывается там, где эти полукружия соединяются вместе, как показывает чертеж *nm*. Во-вторых, следует, что промежуток между концами полукружия больше, чем между поверхностями стен. В-третьих, груз, противодействующий силе арки, уменьшается в своей тяжести тем более, чем более ширина пят арки превосходит рас-



стояние между столбами. [В-четвертых], столбы становятся тем более слабыми, чем более их части *ca* и *bd* выгибаются наружу, принимая на себя действие арки сверху. В-пятых, весь материал и вся тяжесть того добавка в арке, который превышает полукруг, бесполезны и опасны. И здесь следует заметить, что нагрузка, действующая сверху на арку, разрушит с большей легкостью арку в *a* и *b* тогда, когда ниже окажется кривизна, составляющая добавку по сравнению с полукругом, нежели тогда, когда там будет прямо столб, доходящий до соприкосновения с полукружием.

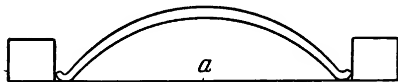
Арка, загруженная посредине, разломится в своей четверти справа и слева. Доказывается на основании 7-го [положения] настоящей [книги], гласящего: «Противоположные концы опор одинаково загружены тяжестью, на них лежащею». Следовательно, если груз находится в *f*, он ощущается в *b* и *c*, т. е. на каждом конце ощущается его половина. И на основании 3-го [положения], гласящего: «Та часть опоры одинаковой мощности переламывается скорее, которая дальше отстоит от своего основания», следует, что ⟨...⟩, поскольку *d* находится на одинаковом расстоянии от *f* и *c*.

Если арматура арки не оседает с оседанием арки, то раствор, высыхая, сжимается и выкрашивается из кирпичей, между которыми его кладут для связывания их друг с другом, и таким образом оставляет их без связи, по каковой причине свод оказывается разъединенным и дожди в короткое время разрушают его (В. М., 158об.).

О длине балок. Та балка, длина которой более чем в 20 раз превышает ее наибольшее сечение, будет недолговечной и переломится на середине. Помни, что часть, которая уходит в стену, должна быть пропитана горячим дегтем и облицована дубовыми досками, также пропитанными. Всякая балка должна проходить через стены и укрепляться по ту сторону их при помощи достаточных затяжек (catene), ибо часто можно наблюдать при землетрясениях, что балки выходят из стен и разрушают затем стены и накаты (solari). Отсюда следует, что если их закрепить затяжками, то последние будут крепко сдерживать стены, а стены будут держать накаты.

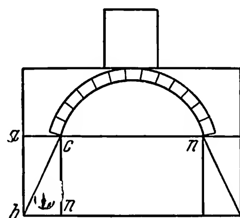
Также напоминаю тебе: не делай никогда лепных потолков на дереве, ибо при разбухании и ссыхании дерева в зависимости от влажности и сухости такие потолки часто трескаются, а после того, как кессоны (divisioni) треснули, они постепенно крошатся и производят безобразное впечатление.

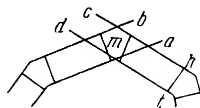
Также напоминаю тебе: не делай накатов на арках и балках, ибо со временем часть наката, поддерживаемая балками, несколько оседает в середине, а та часть наката, которую поддерживает арка, остается на прежнем месте; вот почему накаты, поддерживаемые двоякого рода опорами, со временем производят впечатление покоробившихся (А, 53).



Непрерывная величина, насильственно согнутая в арку, создает распор по линии, по которой она хочет вернуться в прежнее положение (Н, 35об.).

Арка, представляющая собою дискретную величину [составная], производит силу по наклонной линии, т. е. треугольник *cnb* не ощущает тяжести (H, 36).





Основание. Здесь показывается, каким образом арки, сделанные в виде сторон восьмиугольника, распирают кнаружи угловые столбы, что явствует из линии *hc* и линии *td*, которые распирают кнаружи столб *m*, т. е. силятся вытеснить его из середины такого восьмиугольника (Forst. II, 93).



ГИДРОМЕХАНИКА



Порядок и содержание книг о воде

В этих книгах содержится: в первых — о природе воды самой по себе, проявляющейся при ее движениях, в дальнейших — о том, что производят ее течения, меняющие центр и очертания мира (Leic., 5).

Сначала ты напишешь книгу, трактующую о местах, покрытых пресными водами. Затем вторую — о соленых водах и третью — о том, каким образом в результате ухода этих вод наша сторона земного шара стала более легкой, а следовательно, и более удаленной от центра мира (Leic., 9).

Разделение книги: Книга 1-я — о водах как таковых. Книга 2-я — о море. Книга 3-я — о жилах. Книга 4-я — о реках. Книга 5-я — о природе дна. Книга 6-я — о преградах. Книга 7-я — о гальке. Книга 8-я — о поверхности воды. Книга 9-я — о вещах, которые движутся в ней. Книга 10-я — о регулировании рек (ripari de'fiumi). Книга 11-я — о водопроводах (condotti). Книга 12-я — о каналах. Книга 13-я — об инструментах, приводимых в движение водой. Книга 14-я — о том, как поднимать воду. Книга 15-я — о вещах, уничтожаемых водой (Leic., 15об.).

Книга о сокрушении войск силою разливов, произведенных выходом вод из берегов. Книга о затоплении войск посредством закрытия устья долин. Книга, показывающая, каким образом реки приносят невредимым лес, срубленный в горах. Книга о барках, направляемых против течения рек. Книга о подъеме больших мостов путем одного лишь повышения уровня вод. Книга о предотвращении натиска рек, чтобы он не направлялся на города (В. М., 35).

Книга о регулировании рек, чтобы они сохраняли свои берега. Книга о горах, которые сравняются и станут землей, свободной от воды, под нашим полушарием [т. е. в полушарии противоположном]. Книга о почве, переносимой водою для заполнения великой глубины морей. Книга о способах, какими морская буря сама собою очищает занесенные морские гавани. Книга о берегах рек и их постоянстве. Книга о том, как сделать, чтобы реки в своем течении сами сохраняли чистым русло около городов, где они протекают. Книга об устройстве и починке мостовых опор в реках. Книга о мерах, которые надлежит принимать в отношении стен и речных берегов, испытывающих удары воды. Книга о возникновении холмов из песка или гальки на большой водной глубине (В. М., 35об.).

О неодинаковости вогнутой линии судна (Книга о неодинаковой кривизне боковых частей судна). Книга о неодинаковости положения руля. Книга о неодинаковости судового киля. Книга о разнообразии отверстий, из которых вытекает вода. Книга о воде, заключенной в сосудах вместе с воздухом, и о ее движениях. Книга о движении воды через сифоны (cicognole). Книга о встрече и слиянии вод, притекающих с различных сторон. Книга о разнообразных очертаниях берегов, в которых текут реки. Книга о разнообразных отмелях, образуемых ниже речных шлюзов. Книга о разнообразных местностях, из которых надлежит отводить воду рек. Книга об очертаниях речных берегов и их постоянстве. Книга о воде, отвесно падающей на различные предметы. Книга о течении воды, испытывающем помехи в разных местах. Книга о разнообразных фигурах тех предметов, которые мешают течению воды. Книга о впадинах и буграх, которые дно образует около разнообразных предметов. Книга о проведении судоходных каналов выше или ниже рек, их пересекающих. Книга о наносах, поглощаемых водами

каналов, и об их удалении. Книга о возникновении течений, размывающих русла рек, полные наносов (В. М., 45).

Вода дает начало своему движению. Книга о регулировании уровня вод различными способами. Книга об удалении рек от угрожаемых мест. Книга об отводе рек, занимающих слишком большую территорию. Книга о разделении рек на много рукавов и устройстве переходов вброд. Книга о водах, которые по разным направлениям текут в морях. Книга об углублении речного русла посредством различных водных потоков. Книга о таком регулировании рек, которое не позволяет разрастаться ничтожному началу возможных бед. Книга о разнообразных движениях вод, протекающих по каналам различной формы. Книга о том, как нужно поступать, чтобы маленькие речки не отклоняли большую реку, ударяя в нее своими водами. Книга о наименьшем уровне, который можно найти по течению рек на их поверхности. Книга о начале рек, стекающих с высоких горных вершин. Книга о разнообразии движений в реках (В. М., 122).

Когда будешь излагать науку о движениях воды, не забудь под каждым положением приводить его практические приложения, чтобы твоя наука не осталась бесполезной.

О пользе мер, которыми пловец должен предохранять себя от круговращений на поверхности воды и от круговоротов, которые погружают его вглубь. И о том, как нужно действовать утопающему, чтобы спастись, и т. д. И напоследок в каждой книге должны быть оставлены вещи более удивительные: как пробивать толщу водоворотов в каком-либо направлении. О мерах, которые нужно принимать, плывя в бурном море, о предотвращении удара о скалы и об управлении корабельным рулем (F, 2об.).

Напиши сначала о воде в целом и о каждом ее движении, а дальше опиши все виды дна и все вещества, из которых оно состоит, всегда приводя положения из указанного раздела о воде. Тогда порядок получится хороший, ибо иначе изложение было бы сбивчивое. Опиши все фигуры, образуемые водой, от самой большой до самой малой волны, и укажи их причины (F, 87об.).

Опиши, что делает вода в каждом из данных случаев между своей поверхностью и дном. И какая часть воды более медленна или

быстра? О предметах, расположенных по бокам, у берегов змеящихся рек. О пересечении волн друг с другом, когда они отражаются от противоположных речных берегов. О подъеме, который образуют волны, возникающие при пересечении с другими цилиндрическими волнами. О различной ширине поперечных преград, расположенных на середине ширины рек. О различных выступах боковых предметов, расположенных по берегам рек. О разнообразных наклонах, расположенных на середине ширины рек. О разнообразных сближениях между лицевыми поверхностями боковых предметов, расположенных по берегам рек (F, 89—89об.).

Предметы сложные, вогнутые, выгнутые, расположенные по берегам рек. Предметы боковые сложные и очертания их волн (F, 90).

Порядок книги. Сначала изложи, чтó река везде одинаковой глубины и с одинаковым наклоном дна способна сделать со своими берегами, у которых находятся предметы одного какого-либо рода. Далее бери эти предметы попарно. Затем расположи их друг против друга на противоположных берегах, в том же их разнообразии. И напиши, что делает вода, встречаясь с другой водой в середине реки, и о помехе, которую она создает для воды, отражающейся от противоположного берега. А потом опиши всё, что та и другая делает на дне, т. е. как они поднимаются и опускаются (F, 90об.).

Порядок первой книги о воде. Определи сначала, что такое высокое и низкое, вернее, как расположены стихии одна в другой; далее — что такое тяжесть плотная и тяжесть жидкая, но сначала — что такое тяжесть и легкость сами по себе. Далее напиши, почему вода движется и почему она прекращает свое движение, далее — почему она становится более медленной или более быстрой, кроме того — что она постоянно опускается, если граничит с воздухом, находящимся ниже нее. И о том, как вода поднимается в воздух, благодаря теплоте солнца, а затем ниспадает дождем;

также, почему вода пробивается с горных вершин; и о том, может ли вода какой-нибудь жилы, более высокой, чем Океан, изливаться на высоту выше поверхности этого Океана. И о том, что вся вода, возвращающаяся в Океан, выше, чем водная сфера, и что вода экваториальных морей выше, чем северные воды, и что под теплом солнца она выше, чем в какой-либо другой части экваториального круга, как на это указывает опыт с жаром раскаленной жаровни: вода на самой жаровне кипит, а вода, окружающая центр этого кипения, всегда опускается круговой волной. И о том, что северные воды ниже других морей и тем ниже, чем они холоднее,— до тех пор, пока не обращаются в лед (E, 12).

О терминах

Начало книги о воде. Pelago (широкой водной поверхностью, бассейном) называется то, что имеет форму широкую и глубокую, где вóды обладают малым движением. Gorgo (пучина) имеет природу pelago, за исключением того, что вóды в бассейн втекают без ударов, а в gorgo они падают с большой высоты, бурлят и взлетают вверх от непрерывного круговращения воды. Fiume (река) — то, что находится в самой низкой части долин и течет непрерывно. Torrente (поток) течет только при ливнях, он также стекает в низкие места долин и сливается с реками. Canale (каналом) называются воды, искусственно введенные человеком в свои берега. Fonti (источниками) называются начала рек. Argine (берег, стенка, вал) — то, что своей внезапной высотой препятствует расширению рек, каналов и потоков; ria выше, чем argine; riva — ниже, чем argine; piaggia (побережье, пляж) — находится на самых низких местах, где кончаются вóды. Lago (озеро) — то место, где вóды рек широко разливаются. Paduli (болота) — стоячие воды. Grotte — вымоины, образованные в речном берегу течением рек; продольная линия их параллельна течению воды, они имеют некоторую глубину и проникают под основание берега, теряя свое очертание около концов своей длины. Caverni имеют вид печи и уходят далеко под

берег, здесь кружат сильные воды и всегда увеличивают их. Pozzi (колодцы, ямы) — внезапные глубины рек. Stagni (пруды) — места или приемники сточных или дождевых вод; так как дно их покрыто стоячей водой и плотное, земля не может впитать и осушить их. Balatri (омуты) — также места неожиданной глубины. Procielle — водяные бури. Polulamenti (пробивание наружу) и surgimenti (вздымание) — появление одной воды снизу и движение другой только в поперечном направлении, падающей из какого-нибудь грота. Sommergere (погружаться, тонуть) говорится о предметах, которые уходят под воду. Intersegatione (пересечение) вод бывает тогда, когда одна река рассекает другую.

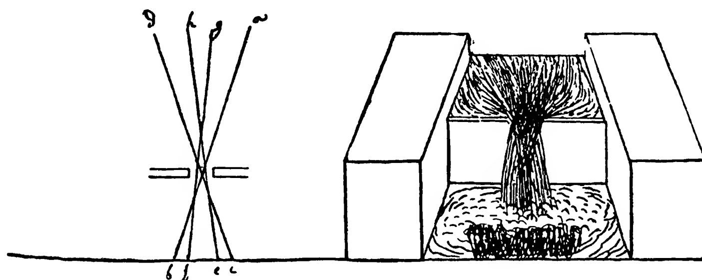
Risaltatione (отскакивание), circulatione (круговое движение), revolutione (круговращение), revoltamento (обращение), ragiramento (кружение), risaltamento (отражение), sommergimento (погружение), surgimento (вздымание), declinatione (склон), elevatione (подъем), cavamento (углубление), consumamento (исчерпание), percussione (удар), ruinamento (разрушение), discienso (опускание), impetuosità (стремительность), retrosi (водовороты), urtationi (столкновения), confregationi (трения), ondazioni (волновые движения), rigamenti (омывание), bollimenti (вскипание), ricascamenti (ниспадания), ritardamenti (замедления), serpeggianti (змеящиеся), rigore (прямизна, упорство), mormori (рокотания), strepiti (трески), ringorgare (переполнять), ricalcitrazioni (обратные ниспадания), flusso e riflusso (прилив и отлив), ruine (обвалы), conquassamenti (сотрясения), baratri (омуты), spelonche delle ripe (береговые пещеры), revertigini (вихри), precipizi (пропасти), riversciamenti (попятные движения), tumulti (шумы), confusioni (взаимные смешения), ruine tempestose (шумные обвалы), equazione (выравнивание), equalità (равенство), arazione di pietre (отторжение камней), urtamenti (столкновения), bollori (вскипания), sommergimenti dell'onde superficiale (погружения поверхностных волн), ritardamenti (замедления), rompimenti (прорывы), divisamenti (разделения), aprimenti (отверстия), celerità (быстрота), vehementia (сила), furiosità (яростность), impetuosità (стремительность), concorso (слияние),

declinazione (склон), commistamento (смешение), revoluzione (круговращение), cascamento (падение вниз), sbalzamento (отскакивание), corruzione d'argini (обвал берегов), confuscazioni (потемнения) (I, 72об. —72 — 71об.; ср. Т. А., I, 1—2).

О падении воды и водяной пене

Та вода быстрее, которая вытекает по более крутой линии (С. А., 124 а; ср. Т. А., V, 21).

Вода, которая падает по линии, более близкой к отвесной, опускается быстрее и производит больший удар и бо́льшую тяжесть о место, о которое ударяется (А, 24; ср. Т. А., V, 28).



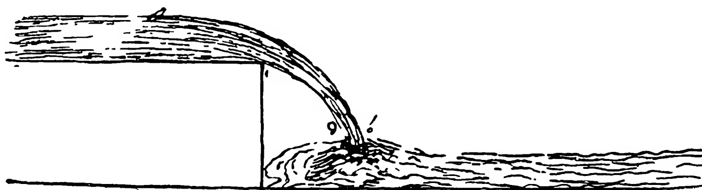
Вода, которая падает вниз из узкого выхода, вытекая из большого бассейна, произведет в воздухе различные пересечения, которые будут тем выше одно другого, чем ближе к устью причина одних, нежели причина других. Это основано на том, что пересечение *m*, будучи ближе к устью бассейна, нежели пересечение *n*, образуемое линиями *e* и *f*, вместе с тем оказывается выше, как это явствует из чертежа. Опыт с пересечением ты произведешь при помощи окрашенной воды: налитая с правой стороны бассейна, она ударится внизу в воду с левой стороны (А, 58; ср. Т. А., V, 17).

Верхняя вода будет быстрее опускаться, чем нижняя (H, 54; ср. Т. А., V, 4).

О воде после падения. После падения воды та, которая была наверху, оказывается внизу, а нижняя становится верхней[1]. Происходит это согласно 4-й главе, гласящей, что верхняя вода будет опускаться быстрее, чем нижняя. Если это так, то более быстрая при падении проникает в менее быструю и раньше ударяет о дно, тогда как менее быстрая, опускаясь на дно, встречает более быструю, которая отражается вверх и, будучи толкаема ею, вместе с нею продолжает общий путь.

О движении и скорости воды после падения. После долгого спуска нижняя вода обладает более быстрым движением, нежели верхняя[2]. Это обусловлено выше сказанным, ибо, поскольку вода после падения сохраняет свой импульс, необходимость требует, если верхняя вода превратилась в нижнюю, чтобы скорость верхней превратилась в скорость нижней (Т. А., V, 35—36).

О течении падающей воды. Во всяком течении воды, вблизи места ее падения изгиб склона начнется раньше на поверхности, чем на дне. Доказывается предыдущим, так как, если



верхняя вода *ab* быстрее нижней *cd*, то вода *ea* будет быстрее увлекаема водою *ab*, нежели вода *fc* водою *cd*, и, следовательно, изгиб склона ранее начнется на поверхности, в точке *g*, нежели на дне, где он начинается в точке *c* (Т. А., V, 5).

О движении. Вода, которая падает с высоты одного локтя, никогда не вернется на подобную высоту, разве что мелкими каплями, и они взлетят гораздо выше, так как отраженное

движение будет гораздо более быстрым, нежели движение падающее. В самом деле, когда вода падает, она погружает вместе с собою большое количество воздуха, и, после того как вода испытала удар, она отскакивает к своей поверхности с импульсом, делающим движение почти столь же быстрым, сколь было движение падения. Однако столь же быстрым оно не будет по причине, указанной во 2-м положении 7-й книги, гласящем: «движение отскока никогда не будет столь же быстрым, сколь быстрым было падение вещи, которая совершила отскок»; и потому последующий отскок никогда не будет равен своему предшествующему. Таким образом, отскок, совершаемый водою, уходит от дна, где он был произведен, с не совсем той же быстротой, с какой он был произведен. Но к этому прибавляется вторая скорость, которая такое движение увеличивает, ибо воздух, погружающийся вместе с падением воды, этот воздух, будучи облекаем водою, бурно взлетает и взметается к своей стихии, наподобие ветра, нагнетаемого кузнечным мехом, и с собой он уносит воду, граничащую с поверхностью. Вот именно благодаря такому приращению он и заставляет ее взметаться гораздо выше, чем она должна была бы по своей природе (I, 109—108об.; ср. Т. А., V, 51).

Что такое пена воды? Вода, которая падает с высоты в другую воду, заключает в себе известное количество воздуха, каковой, благодаря удару, погружается вместе с нею и вновь быстрым движением взлетает вверх, достигая покинутой поверхности, будучи облечен тонкой влагой в сферическое тело, распространяясь кругообразно от первого удара.

Или, вернее, вода, которая падает на другую, удаляется от своего места, образуя разнообразные и различные ветвления, двоящиеся, сплетающиеся и переплетающиеся, или выгибающиеся; и когда они отражаются на водной поверхности силою тяжести и удара, производимого этой водой, то у воздуха из-за крайней быстроты нет времени вырваться к своей стихии, и он погружается вглубь вышеуказанным способом (A, 59; ср. Т. А., V, 44).

Также, если нижняя часть барьера (argine), проходящего поперек течения вод, будет сделана мощными и широкими уступами в виде лестницы, то во́ды, которые при понижении своего русла низвергаются обычно здесь на границе отвесно до самой низкой своей точки, размывая основания этого барьера, не смогут уже больше падать, ударяя с чрезвычайной мощностью. И, говорю я, примером для меня была та лестница в Виджевано, по которой стекала вода лугов замка Сфорца — здесь по этой лестнице стекала вода, бежавшая с 50 локтей высоты (Leic., 21).

Лестница в Виджевано под замком Сфорца с 130 ступеньками высотою в $^1/_4$ и шириною в $^1/_2$ локтя. По ней низвергается вода и ничего не уничтожает при последнем своем ударе. И столько грунта спустилось вниз по такой лестнице, что высохло, т. е. заполнилось, целое болото, и из очень глубокого болота образовались луга (Leic., 32).

О волнах

О волнах. Волны бывают [12] видов. Первые образуются в верхних частях вод, вторые — вверху и внизу по одному направлению, третьи — вверху и внизу по противоположным направлениям, но не в середине, четвертые — от середины вверх в одном направлении, а от середины вниз — в противоположном, пятые образуются внизу, но не вверху, шестые образуются внизу, а вверху идут в противоположном направлении, седьмые образуются от проникновения вод по жилам в землю, восьмые — от движения вниз при водоворотах, узких вверху и широких внизу, девятые — при водоворотах широких на поверхности и узких на дне, десятые — при цилиндрических водоворотах, одиннадцатые — при извилистых водоворотах с везде одинаковой пустотой, двенадцатые — при наклонных водоворотах.

Изобрази здесь все волны вместе и каждое движение в отдельности, и каждый водоворот в отдельности и раздели рамками, отделяя одно от другого по порядку. А также отражения всех видов,

какие только бывают, каждый в отдельности, равно как и падения вод. И отметь различия в движениях и ударах мутных и светлых вод, бешеных и медлительных, разлившихся и мелких; бешенство разлившихся в сравнении с мелкими, бешенство узких рек в сравнении с широкими. И различия текущих по крупным камням, по мелким, или по песку, или по туфу. И тех, что падают с высоты, ударяясь о различные камни с разнообразными отскоками и прыжками, и тех, которые текут по прямому пути, соприкасаясь и прилегая к ровному дну, и тех, которые падают с большой высоты только в воздухе, и тех, которые падают в воздухе, имея фигуру круглую, тонкую, широкую, рассыпающуюся или цельную. И потом опиши природу ударов о поверхность, о середину, о дно, и различные их наклоны, и различную природу предметов, и различные формы предметов. И если ты даешь направление воде, о том, как открывать ее затворы (cateratte) вверху, в середине или внизу, о различиях, которые она обнаруживает, успокаиваясь или двигаясь на поверхности, и о том, какое действие она производит, падая таким образом на землю или стоячую воду, и о том, что она делает, только что придя в движение, как она ведет себя в ровном или неровном канале и как она внезапно образует водовороты и вымоины, что можно видеть в однокамерных шлюзах (conche) Милана. О природе внезапных порывов рек, а также о тех, которые растут медленно силою вод; также о тех, которые не могут пройти вследствие большого наплыва через пролеты мостов, находящихся над ними, и о том, каким образом вода, проходящая через такие пролеты, увеличивает импульс, имея большую тяжесть сверху (I, 87об.—88об.).

О волне. Волна есть отпечаток отраженного удара, который будет больше или меньше, пропорционально большему или меньшему удару.

Волна никогда не бывает одна, она всегда смешана со столькими другими волнами, сколько существует неровностей у предмета, от которого такая волна возникла.

В одно и то же время над самой большой волной на водной поверхности будут двигаться бесчисленные другие волны, которые распространяются по различным направлениям.

Если ты бросишь на водную поверхность камни с разных сторон, то все волны, которые ударяются о них, отражаются в месте удара и, встречаясь друг с другом, никогда не препятствуют прохождению одна другой.

Волны одинаковой величины, движения и силы, встречая противоположные движения, отражаются под равными углами, одна ударяясь в другую. Та волна будет иметь больший подъем, которая порождается бóльшим ударом, и наоборот.

Волна, порожденная на небольших водных поверхностях, много раз приходит и уходит у места удара. Тем большее число раз волна приходит и уходит, чем меньше ширина той водной поверхности, на которой она зарождается, и наоборот. Только на самой большой поверхности волны движутся без отражения.

На маленьких водных поверхностях один и тот же удар порождает много падающих и отраженных движений.

Самая большая волна покрыта бесчисленными другими волнами, которые движутся в различных направлениях и которые будут тем более или менее глубокими, чем большей или меньшей силой будут произведены.

Самая большая волна покрывается различными волнами, которые движутся по стольким различным направлениям, сколько было различных мест, откуда они разошлись.

Одна и та же волна, порожденная на маленькой водной поверхности, покрывается тем бóльшим числом других волн, чем больший удар и отражение она производит о противоположные берега.

Движение волны больше, чем движение воды, из которой она образуется. Многие волны, идущие по различным направлениям, могут зародиться между поверхностью и дном одной и той же воды и в одно и то же время. Круговоротные движения могут следовать за прямолинейными движениями каждой волны. Все отпечатки ударов, производимые на воде, могут проникать один в другой, не разрушаясь.

Никогда одна волна не проникает в другую, они только отражаются от места удара (С. А., 84об. а; ср. Т. А., III, 3, 19, 32—34, 55—57).

Хотя звуки, проникающие этот воздух, кругообразно расходятся от своей причины, тем не менее круги, распространяющиеся от различных исходных точек, встречаются друг с другом без какой бы то ни было помехи и проникают друг в друга и проходят один через другой, всегда сохраняя в качестве центра свою причину.

Так как во всех случаях движения вода имеет большое сходство с воздухом, я свяжу это ради примера с вышеприведенным положением. Я говорю: если бросишь одновременно два камешка на некотором расстоянии друг от друга на гладкую и неподвижную поверхность воды, то увидишь, как вокруг обоих мест удара возникает два независимых друг от друга множества кругов, которые, растя, наконец встретятся, потом войдут одно в другое, пересекаясь друг с другом и всегда сохраняя в качестве своего центра те места, куда камни ударились. Причина заключается в том, что хотя и появляется некоторая видимость движения, вода не сдвигается со своего места, так как отверстия, которые сделали в ней камни, тотчас же сомкнулись, и это возникшее от внезапного размыкания и замыкания воды движение производит в ней некое сотрясение, которое гораздо скорее можно назвать дрожанием, нежели движением. И чтобы тебе стало яснее то, о чем я тебе говорю, обрати внимание на соломинки, которые по своей легкости остаются на воде,— они не покидают прежнего своего места под действием волны, возникающей под ними от прохождения кругов. Поскольку, таким образом, все это колебание воды в гораздо большей мере является дрожанием, чем движением, круги при встрече не могут разбить друг друга, ибо, поскольку все части воды однородны, необходимо, чтобы названное дрожание эти части передавали друг другу, не сдвигаясь с места,— ведь вода, оставаясь на месте, легко может воспринять это дрожание от соседней части и передать его другой соседней, постоянно убавляя свою силу, до конца (А, 61; ср. Т. А., III, 12).

Вода, которая будет двигаться между берегами и дном, ровными и гладкими, ни в каком случае не образует волны. Сказанное происходит потому, что волна не возникает иначе, как посредством отраженного движения, а отраженное движение возникает от удара падающего движения об отдельный предмет на дне или стенках канала; а если в этих местах не окажется отдельных предметов, то, по сказанному, не возникнет и волны, ибо подобная вода состоит из мельчайших подъемов, мало поднимающихся над дном, так что, достигая поверхности, они не образуют волн.

Простая цилиндрическая волна зарождается у любого мельчайшего предмета, соединенного с берегом, где ударяющая вода образует длинную волну, в виде полуколонны, волну, которая направляется наискось к противоположному берегу и там умирает и возрождается.

Об отраженном движении волны. Волна имеет движение отраженное и движение падающее; движение отраженное есть то, которое возникает при образовании волны после удара о предмет, при отскоке и подъеме воды к воздуху,— движение, в котором волна приобретает свою высоту.

О падающем движении волны. Движение падающее есть то, которое волна совершает от вершины своего подъема до самого низкого своего положения,— движение, которое не вызывается никаким ударом, а исключительно тяжестью, приобретенной водою вне своей стихии (F, 93об.; ср. Т. А., III, 1, 40, 41).

Чем выше волны моря по сравнению с обычной высотой его водной поверхности, тем ниже дно впадин, находящихся между этими волнами. И это потому, что большое падение больших волн производит большие углубления впадин (F, 25об.; ср. Т. А., III, 30).

Все отпечатки в воде держатся долго и тем дольше, чем они быстрее (F, 21об., ср. Т. А., III, 4).

Отпечатки движения воды в воде же — более постоянны, нежели отпечатки, делаемые этой водой в воздухе. И происходит это потому,

что вода в воде не имеет тяжести, как доказано в 5-й книге, а весит только импульс, который движет эту воду, не имеющую тяжести, до тех пор, пока он не истощится.

Отпечатки движения воды будут более постоянны там, где перемещаемая импульсом вода выходит к большой водной поверхности, обладающей более медленным движением, и наоборот.

Отпечатки, производимые водою в воздухе, разрушаются при первом движении, которое они совершают в сторону земли, ибо импульс истощается в том естественном движении, которое рождается в воде (F, 71; ср. Т. А., III, 5—7).

Импульс гораздо быстрее воды, потому что многочисленны случаи, когда волна бежит от места своего возникновения, а вода не двигается с места,— наподобие волн, образуемых в мае на нивах течением ветров: волны кажутся бегущими по полю, между тем нивы со своего места не сходят (F, 87об.; ср. Т. А., III, 8).

О волнах. В некоторых случаях волны быстрее ветра, а в некоторых случаях ветер гораздо быстрее волны; и это доказывают корабли в море: волны более быстрые, чем ветер, могут существовать, будучи начаты большими ветрами; когда ветер затем стихает, волна еще сохраняет большой импульс (F, 48об., ср. Т. А., III, 9).

Волна, или, вернее, импульс волны, сохраняет свое направление в неподвижной волне, образованной огромным потоком воды, не иначе, как это делает солнечный луч в течении ветра (Т. А., III, 10).

Чтобы увидать, движет ли маленькая волна на поверхности глубокую воду, находящуюся на дне, смешай около твоего отверстия воду с черным просом и через стеклянные пластинки ты увидишь то, что тебе нужно. Но постарайся достать трубу из обожженной глины, широкую и с плоским дном, длиною в 2 локтя и шириною в $^1/_2$ локтя. Вели ее сделать здесь в горшечной мастерской (Leic., 9об.)

Можно создать гармоничную музыку из различных каскадов, как я видел у источника в Римини,— как я видел это 8 августа 1502 г.

О в о д е и в о з д у х е. Воздух, который стремительно движется в воздухе (через воздух), уплотняется, как это становится явным в ширине солнечных лучей: если ветер движет их атомы различными круговращениями, ты видишь, что такие атомы собираются в волны, с тенями, наподобие волнистой ткани или шерстяной материи. Так вот, то, что ты видишь, делают такие атомы, делает воздух, который, заключая их в себе, уносит их.

Вода в таких случаях не может уплотняться, и если обладает подобными движениями в своем теле, необходимо, чтобы она выталкивала другую воду с ее места, отчего все эти движения выходят на поверхность (L, 78).

Когда дует ветер, он выглаживает песок. Посмотри, как этот песок образует свои волны, и заметь, насколько он движется медленнее, чем ветер. И так же поступи с водой и заметь различие между водой и песком (С. А., 37об. с).

О том, что волна песка движется значительно медленнее, чем волна воды, ее порождающая, и точно так же волна воды, создаваемая ветром, гораздо более медленна, нежели волна, ее порождающая, т. е. волна ветра.

Воздушная волна играет ту же роль в пределах стихии огня, какую волна водяная играет в воздухе, и волна песка, т. е. земли,— в воде. И их движения стоят друг к другу в том же отношении, в каком находятся причины, приводящие их в движение (Leic., 23).

Я видел, как песок, приводимый в движение ветром, образовал то же, что грязь (lita), приводимая в движение водой на большой



глубине, а именно: когда ветер дует от *a* к *b*, этот песок создает подъем *ab*, а потом — спуск *bc*, образуя угол *abc*, который всегда равен всем углам, образующимся на том же уровне. И в том же отношении, в каком стоят *ab* и *bc*, будут находиться все другие волны, т. е. если

другая волна песка на своей восходящей стороне вдвое больше или меньше, чем линия *ab*, то и вторая линия вдвое больше или меньше линии *bc*. Теперь спрашивается: какая причина тому? каков закон? Причину этого явления нужно раскрывать так, как я здесь скажу. Постарайся достать доску, на которой ты рассыплешь слой песка протяжением в 2 локтя и толщиной в 1 унцию. Поворачивай эту доску под разным наклоном в сторону притекающего ветра,— тогда ты сможешь наблюдать причины вышеуказанного явления так, как тебе удобно. И если ветер будет дуть в одном единственном направлении, волны песка будут одинаковые и прямолинейные. Но если на пути таких волн окажется какая-нибудь соломина или камешек, то волна разобьется и образует поперечную впадину, кончающуюся у этого камня. А если поднимется поперечный ветер, то прямолинейные волны станут извилистыми (В. М., 129об.).

Если ударишь по плоской доске, увидишь, что пыль образует небольшие горки.

Если будешь вращать решето, увидишь, что крупные зерна собираются к центру этого решета.

Если пыль будет движима ветром по кругу, ты увидишь, что более крупные части описывают бо́льший круг (А, 32об.).

О пространственном движении сыпучих тел, т. е. пыли и т. п. Я утверждаю, что при ударах о доску по различным линиям, пыль, на ней находящаяся, принимает различные фигуры холмов и маленьких горок. И это происходит от 〈...〉.

Пыль, которая в виде разнообразных гор распределяется по ударяемой доске, спускается по гипотенузе таких гор, подходит под их основание и поднимается вверх по их высоте к вершине этой горы и так движется движением прямоугольного треугольника. И это происходит от 〈...〉.

Когда доска, покрытая пылью, будет получать удары с одной стороны, замечай, каким образом начинается движение пыли, со-

здающее указанные горы, и каким образом такая пыль поднимается вверх на гору ⟨...⟩.

Опиши горы зыбких сыпучих тел, т. е. напиши о возникновении волн песка, переносимых ветром, о его горах и холмах, как это бывает в Ливии. Примеры ты увидишь на больших песчаных отмелях По, Тичино и других больших рек (F, 61).

О дыме. Дым проникает в воздух с такими же волнистыми очертаниями, какие образует вода, которая прыскает вверх со своим импульсом в другую воду (I, 106).

[О том, как изображать потоп в живописи]. ...Вздувшаяся вода пусть движется кругами по широкой водной поверхности, которая заключает ее в себе. Пусть ударяется она о различные предметы в водоворотах, завихряясь и отскакивая в воздух грязной пеной, а потом пусть снова падает и отражает в воздух ту воду, которая испытала удар. И круговые волны, разбегающиеся от места удара, устремляясь в своем натиске наперерез движению, поверх других круговых волн, движущихся им навстречу, после столкновения пусть вздымаются в воздух, не отделяясь от своих оснований. А там, где вода выходит с такой широкой водной поверхности, там можно видеть, как разбитые волны вытягиваются по направлению к своему выходу, и за ним вода, падая или опускаясь по воздуху, приобретает тяжесть и стремительное движение; приобретя его, она проникает в ударяемую ею воду, разверзает ее и проникает в нее с яростью до тех пор, пока не ударится о дно, отразившись от которого, вновь взлетает до водной поверхности в сопровождении воздуха, вместе с ней погрузившегося. И при выходе оказывается она с пеной, смешанной со щепками и другими предметами более легкими, чем вода. Вокруг них берут начало волны, растущие в окружность тем больше, чем большее движение они приобретают; и движение это делает волны тем более низкими, чем более широким становится основание, которое они приобретают, а потому волны эти мало заметны при своем исчезновении. Но если волны отражаются от различных предметов, тогда они отскакивают назад, навстречу другим идущим

волнам, сохраняя нарастание той самой кривизны, какую они приобретали бы, если бы продолжали движение по ранее начатому пути...

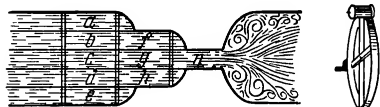
Гребень морских волн опускается перед их основанием, ударяясь и стираясь о выпуклости их поверхностей. И такое трение дробит опускающуюся воду на мельчайшие частицы. Превращаясь в плотный туман, эта вода перемешивается в беге ветров наподобие вьющегося дыма и крутящихся облаков, и в конце концов поднимает этот туман на воздух, превращаясь в облака....

Волны моря, которые ударяют о скаты гор, с ними граничащие, будут пенистыми, с быстротою разбивающимися о поверхность названных холмов. А отступая назад, они встречаются с приходом второй волны, и после великого грохота возвращаются, широко разливаясь, к тому морю, откуда они вышли...

Морские волны в Пиомбино. Вся вода пенится (W, 12665).

О течении рек

Почему море имеет в Испанском проливе течение большее, чем где бы то ни было? В реке постоянной глубины течение будет в менее широком месте во столько раз более быстрым, чем в более широком, во сколько раз бо́льшая ширина превосходит меньшую. Положение это ясно доказывается путем рассуждения, подкрепляемого опытом. В самом деле, когда по каналу шириною в милю пройдет вода на протяжении в милю, то там, где река будет иметь ширину в пять миль, каждая из квадратных миль дает одну пятую свою часть на покрытие недостатка воды в море [3]. И там, где река будет иметь ширину в три мили, каждая из этих квадратных миль даст третью свою часть на покрытие недостатка воды, утекающей в квадратной миле пролива. Это видно на чертеже, где f, g, h проходят через милю n[4].

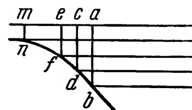




Пример. Пусть будет место, имеющее три различных ширины, содержащиеся одна в другой, причем первая, наименьшая, содержится во второй 4 раза, а вторая в третьей 2 раза; я говорю, что если люди, которые наполняют своими телами названные участки, должны двигаться непрерывно один за другим, то когда люди на более широком участке делают шаг, люди, находящиеся на втором, более узком, делают два, а находящиеся на третьем, самом узком, в то же самое время делают восемь шагов. Указанное соотношение найдешь ты при всех движениях, происходящих в местах различной ширины.

Посмотри на изображенный насос: когда поршень его, выталкивающий воду, продвигается на дюйм, первая вода, которая появляется наружу, выбрызгивается на два локтя. Также, если бы возможно было поднять сосуд емкостью в 10 бочек на высоту 10 миль, ты нашел бы, что первое вино, которое выходит из сосуда наружу, вытекая вместе с другим вином, пройдет десять миль раньше, чем поверхность вина понизится на два локтя. То же самое ты найдешь в движении колес с их шестернями; потому что если ось колеса будет той же толщины, что и шестерня, то при вращении этого колеса движение шестерни и окружности колеса будет во столько раз быстрее движения его оси, сколько раз окружность шестерни содержится в окружности колеса.

Всякое движение воды при постоянной ширине и поверхности будет тем более сильным в одном месте, нежели в другом, чем менее глубоким оно будет в одном месте, нежели в другом. Это положение доказывается с полной ясностью. В самом деле, хотя река имеет постоянную ширину и поверхность, глубина ее неодинаковая, а потому, по указанным ранее причинам, необходимо, чтобы и течение этой реки также было неодинаково. Движение ее будет таково: предположим, что чертеж изображает реку; я утверждаю, что в *mn* вода будет обладать во столько



раз бо́льшим движением, чем в *ab*, сколько раз *mn* содержится в *ab*. Оно содержится 4 раза, следовательно, течение будет в четыре раза бо́льшим в *mn*, чем в *ab*, в три раза бо́льшим в *cd* и вдвое бо́льшим в *ef* (А, 57—57об.; ср. Т. А., VIII, 11 и 23).

Количество вытекающей воды при большей и при меньшей ширине канала. В ту меру, в какую ты будешь увеличивать ширину реки, в ту же меру ты уменьшишь и качество ее движения при том же уклоне дна. В самом деле, если вода, втекающая в другую воду, будет иметь в ширину 1 локоть, а та, которая принимает указанную приходящую воду, проходит 1 локоть в единицу времени при канале в 1 квадратный локоть, то при канале в 2 квадратных локтя та же самая вода будет течь со скоростью в $^1/_2$ локтя за единицу времени, и так далее,— чем больше ты будешь увеличивать ширину реки, тем больше будешь уменьшать скорость ее движения.

О том же. Чем больше ты будешь уменьшать ширину реки, тем больше будешь увеличивать качество ее движения при том же уклоне дна. Это положение, обратное предыдущему, и оно очевидно (Т. А., VIII, 37—38).

О том же. Из равных и одинаковых [по очертаниям] устьев, находящихся между речными берегами, будет при том же уклоне дна вытекать больше или меньше воды в зависимости от того, станешь ли ты больше или меньше увеличивать или уменьшать ширину этой реки. Это следует из 37 и 38 [глав] настоящей книги, гласящих: «Чем больше ты станешь увеличивать или уменьшать ширину реки, тем больше будешь уменьшать или увеличивать скорость ее движения» (Т. А., VIII, 42).

О глубине реки. Вода, которая суживается, становится более глубокой, а там, где о́на расширяется, становится более мелкой, если дно имеет постоянный уклон. Происходит это оттого, что там, где вода суживается, она поднимается, будучи задерживаема в своем течении, а там, где она расширяется, там находит больше

места, чем занимала раньше, и, таким образом, разливаясь в этом месте, она понижается (Т. А., II, 59).

В водах, бегущих по дну рек постоянного уклона, отношение между скоростями движения такое же, как и отношение между их высотой. Доказывается 59 [главой] II [книги], гласящей: «Из двух прямых рек равной ширины и наклона, та будет более быстрой, которая глубже» (Т. А., VIII, 22).

Чем у́же река, тем бо́льшую глубину она образует в своем русле. И тем меньше будет она размывать дно, чем шире ее течение. Это доказывается 64-м [положением] 2-й [книги]: «Чем у́же течение рек, тем больше скорость, и чем больше ширина, тем оно медленнее» (Т. А., VI, 15).

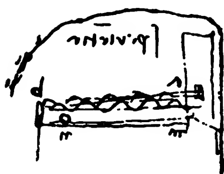
Если лоток дает протекать по нему данному количеству воды, образующему слой в 2 унции толщины, и прибавится еще третья унция, то нижняя унция удвоит силу, скорость и количество первоначально протекавшей здесь воды. Доказывается предыдущим [5], показывающим, почему у вод, текущих по дну рек постоянного уклона, отношение между скоростями движения такое же, как и между их высотами. Следовательно, если первая вышеуказанная унция испытывала давление другой унции, а потом стала испытывать давление 2 унций, то, без сомнения, сила давления удвоилась, а соответственно, как уже было сказано, скорость и количество также стали вдвое бо́льшими (С. А., 81об. а; ср. Т. А., VIII, 21).

Если над тремя градусами будет прибавлен еще градус воды, то нижний приобретет полуторную силу, так как первый испытывал давление двух градусов тяжести, а затем стал испытывать трех, поскольку к двум прибавился еще один. Отсюда следует, что при увеличении количества воды постоянными дозами необходимо увеличивать отверстия для стока по площади, а не по высоте или глубине [их расположения] (Т. А., VIII, 20).

Всякое естественное и непрерывное движение стремится сохранить свое течение по линии своего начала, т. е. в любом месте оно

сообразуется со своим началом. Это указанное выше движение имеет место в течении рек, которые всегда сражают и уничтожают любой предмет, противящийся прямизне их течения. Если бы реки были прямые и везде имели одинаковые ширину, глубину и наклон, ты нашел бы, что с каждой ступенью движения они приобретают ступени скорости. Следовательно, если в реке имеется смена или разнообразие наклонов, то получается разнообразие в течении; и там, где река протекает по более тесному руслу, там она ставится глубже, при одинаковом уклоне, а где более расширяется, там замедляет свое течение. Итак, вóды, стремившиеся к прямому течению на всем протяжении своего движения, становятся более быстрыми, а когда находят места более широкие и глубокие, то замедляются. И разрушают дно и берег (I, 68).

Если вода имеет постоянную глубину, ширину и уклон, то более быстрой оказывается та, которая ближе к поверхности; и это получается оттого, что верхняя вода граничит с воздухом, оказывающим малое сопротивление, поскольку он легче воды, а нижняя вода граничит с землей, которая обладает бóльшим сопротивлением, будучи неподвижной и более тяжелой, чем вода. Отсюда следует, что часть, дальше отстоящая от этого дна, встречает меньшее сопротивление и это та, которая находится наверху и граничит с воздухом, легким и подвижным (С. А., 124 а; ср. Т. А., II, 33).



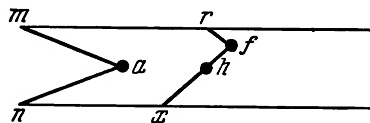
О п ы т. Проверь на опыте, около твоего отверстия,— если ветер дует от *a* к *b*, то предмет *n* на дне по какому пути будет гоним? Я полагаю, что он вернется в *m*, т. е. станет двигаться в направлении, противоположном ветру (Leic., 8).

У з н а т ь, т е ч е т л и в о д а б ы с т р е е в н и з у, ч е м в в е р х у. Если у палочки, вдетой вверху в кольцо, а внизу укрепленной в скалу, та часть, которая выходит за кольцо, наклонится в сторону, откуда притекает вода, это значит, что вода сильнее течет

на дне, чем наверху. А если эта палочка наклонится в сторону убегающей воды, это значит, что вода сильнее течет вверху, чем на дне. Если же палочка остается вертикальной, скорость течения будет одинаковой внизу и вверху (Т. А., II, 42).

Если хочешь увидеть, где, в каком месте — на поверхности, в середине или на дне — вода течет быстрее, налей воды, которая окрашена синопской краской, вместе с маслом в поток, который протекает по неровному дну, имеющему разные наклоны,— тогда по течению ты в точности увидишь, что опережает. А именно: если опережает масло, это значит, что вода течет на поверхности быстрее, чем внизу; если опережает окрашенная вода, то нет сомнения, что река течет быстрее в середине, нежели вверху и внизу (С. А., 266 об.; ср. Т. А., II, 43).

Вода, протекающая по каналу постоянной ширины и глубины, будет производить более сильный удар о предмет, который противостанет ей в середине, а не ближе к берегам. Если ты поместишь дерево вертикально в f, то вода, ударяясь об указанную преграду, отразится на незначительную высоту над поверхностью воды, как явствует из опыта... Но если ты поместишь названное дерево в a, вода значительно поднимется, доходя при своем подъеме до вершины противостоящего предмета. И причина этого такова: две линии ma и na с одинаковой длиной и силой кончаются в указанной точке a; далее посмотри на rf и xf — насколько меньшую длину они составляют вместе. И если бы ты мне сказал: «Линия xf длиннее, чем линия xh, а согласно тому, что ты мне показал в 13-м положении «О движении», предмет становится тем более быстрым, чем больше движется по своему естественному течению, и тем бо́льшим становится его удар о преграду»,— с этим приведенным тобою соображением я соглашусь. Но, кроме того, будет доказано, что предмет, движущийся естественно или насильственно, хотя бы течение было долгим



и быстрым, утомляется и замедляется тем более, чем сильнее препятствия, возникающие на его пути. Пока линия *xf* бешено устремляется к середине канала *a*, она производит сильный удар, но когда достигнет *f*, найдет здесь столько пересекающихся водных течений, приходящих или отражающихся от противоположного берега, что вода эта должна будет ослабить свое течение настолько, что линия *xf* уже не будет обладать более сильным ударом, чем другая, *rf*. И чтобы убедиться в истине этого, проверь на опыте, противопоставляя что-либо ее течению; ты увидишь, что вода отразится по продольной линии вертикально стоящего препятствия. И если бы линия *xf* была сильнее линии *rf*, вода после удара отразилась бы к берегу *r*. Но так как она не отражается ни туда, ни сюда, это значит, что силы линий и удары между собою равны.

Если два потока воды, текущие по двум каналам одинаковой ширины и глубины и неодинаковой длины, встречаются вместе у одного предмета, отражение части этой воды после удара направится и придется на часть канала меньшей длины (С, 28об.; ср. Т. А., III, 16—17).

В середине прямых каналов вода течет быстрее, чем по бокам (Н, 84об.)

О в о д е. Когда реки прямые, они текут с гораздо большей стремительностью (impeto) в середине своей ширины, чем по бокам (I, 106; ср. Т. А., II, 32).

Так как всякое течение рек быстрее в середине их ширины, нежели по бокам, и вода быстрее течет на поверхности, нежели на дне, и поскольку при одинаковом течении понтонный мост, устроенный на барках, уже сам по себе является на середине своей ширины более слабым, чем у концов, я заключаю, что мост этот сломается посредине, там, где бóльшая слабость моста сочетается с бóльшим напором воды (С. А., 176 с).

Сделай так, чтобы при передвижке моста всегда узкая сторона барок была направлена по линии водного течения, и движение будет тем легче, чем меньше ударов воды испытывают барки (С. А., 176 d).

В о д а. Вода, которая течет вниз по прямому руслу реки, всегда движется по наклону от середины к противоположным берегам и от этих противоположных берегов к середине реки. Доказывается 9-м [положением] настоящей [книги], где говорится: «Всегда течение прямых рек выше в середине их ширины, и по бокам выше, чем в промежутке между серединой их ширины и этими боками». И доказано это было 7-м [положением], в котором говорилось: «Вода прямых рек никогда не течет по прямой линии, ибо она тем быстрее, чем более удалена от берегов, своей помехи». А это положение в свою очередь было доказано там, где говорилось: «Там, где падающее движение испытывает помеху, там возникает отраженное движение». И 10-м [положением] настоящей книги: «Всегда между падающим и отраженным движением находится самое низкое место ширины реки». И 11-м: «За последней высотой отраженной воды рождается начало падающего движения». И 12-м: «Падающее движение воды не переходит в движение отраженное без удара о дно или берег рек». «Там, где вода ударяет о дно или о берег реки, там грунт дна или берега этой реки поднимаются». «Всегда под падающим движением поднимается дно реки, а под отраженным движением дно реки восстанавливает прежнюю свою высоту» (G, 14об.; ср. Т. А., II, 20; II, 18; VI, 9).

П о ч е м у п о в е р х н о с т и т е к у щ и х р е к в с е г д а п о к р ы т ы р а з н о о б р а з н ы м и с к л а д к а м и и в п а д и н а м и? Причина следующая: подобно тому, как чулки, облекающие ноги, обнаруживают скрытое под ними, так поверхностный слой воды обнаруживает качество ее дна, ибо та часть воды, которая омывает дно, при встрече с разнообразными буграми камней, ударяет о них и отражается вверх, поднимая вместе с собой всю прочую воду, расположенную над нею (А, 59об.; ср. Т. А., IV, 35).

Естественно обнажившееся дно реки не дает настоящих указаний о природе предметов, уносимых водой, и о их количестве, ибо в глубоких водах многие места покрыты песком, а при понижении уровня отдельные боковые течения реки уносят затем этот песок

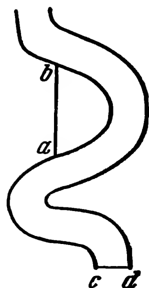
с гальки, на которой он лежал, и обнажают ее. При этом постепенно разрушаются высокие валы этого песка, и он, благодаря своей легкости, уносится течением реки, а затем отлагается ею там, где течение воды более спокойно (L, 32; ср. Т. А., VII, 23).

Где вода быстрее, там она более размывает дно, о которое трется.

Где вода становится уже, там она становится быстрее и, по сказанному, более размывает дно (F, 65; ср. Т. А. VI, 6—7).

Если хочешь правильно судить о всех фигурах движений и течений воды, смотри на светлую воду малой глубины под лучами солнца, и тогда ты увидишь, благодаря солнцу, все тени и все светлые места этих движений и предметов, уносимых водой (F, 65об.; Т. А., II, 44).

Если широкий предмет, уносимый течением реки между водной поверхностью и дном, встречается с водой более медленной, чем уносящая его вода, и если в этот момент он будет наклонен навстречу течению реки, то он сразу же всплывает со дна на поверхность воды. А если этот наклон будет обращен вслед убегающей воде, то, встречая ленивое течение, предмет сразу же устремится ко дну. Если, наконец, такой наклон будет в левую или правую сторону ширины реки, предмет устремится влево или вправо и так будет продолжать следовать в каком-либо направлении (F, 78; ср. Т. А., VII, 29—30).



Извивы рек при разливе уничтожают всякую плотину и нарушают всякий порядок, установленный на реках при низкой воде, ибо (переверни страницу) вода, падая с большой стремительностью из своего бассейна (pescaia), образует извивы в реках соответственно линии своего падения, а когда во́ды поднимаются, то хотя бы линия *ab* и сохранилась, тем не менее при повышении воды в реке канал *ab* заполнится песком и вся масса воды будет следовать своему естественному течению (L, 32—32об.).

Реки. Та река, которая более удлиняется в длинных поперечных извивах, быстрее заполняется наносами. Доказывается 12-м [положением], гласящим: «Вода, текущая более медленно, быстрее отлагает вещества, уносимые ею». Следовательно, река, которая более извилиста, становясь, благодаря этим извивам, более длинной, оказывается тем более медленной, чем более длинной она становится (Е, 66об.).

Где реки отлагают больше наносов? Реки оставляют больше наносов там, где поблизости живет народ, нежели там, где нет рода человеческого, ибо в таких местах возделываются горы и холмы, и дожди уносят грунт, смываемый с большей легкостью, нежели грунты плотные и покрытые сорняками (С. А. 160об. а; ср. Т. А., VII, 21).

Мера уклона воды. Воде нужен уклон в 1 фут на каждые 3 мили, и если не будет дуть ветер и вода всюду имеет одинаковую ширину и глубину, она станет двигаться со скоростью 10 локтей в час, а если она имеет уклон в 2 фута на 3 мили, то станет двигаться со скоростью 20 локтей в час, и так далее, в той же пропорции.

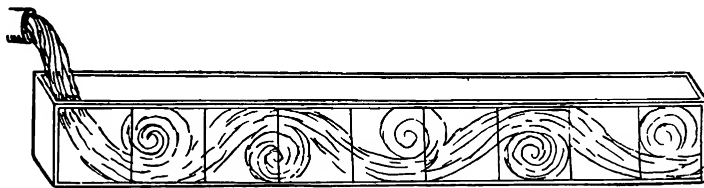
О том же. Вода, имеющая уклон в 1 унцию на милю, будет обладать движением в $^1/_4$ локтя за единицу времени (т. е. за музыкальную стопу)[6] . Та, которая будет иметь уклон в 2 унции на милю, имеет движение в $^1/_2$ локтя за единицу времени, и точно так же та, которая имеет уклон в 4 унции, будет проходить 1 локоть за единицу времени (Т. А., VIII, 50—54).

Если бы ты пожелал узнать, какой уклон образует река с каждой милей, не применяя никакого ватерпаса, сделай таким образом: постарайся выбрать часть реки, наиболее соответствующую всему тому течению, уклон которого ты хочешь определить, и здесь отмерь на берегу 100 локтей. Начало и конец их отметь двумя жердочками... А затем помести в начале пузырь или лодочку или кусочек пробки, примечая, за сколько музыкальных стоп этот предмет, плывя по уклону волн, достигает конца пути в 100 локтей. Затем измерь многие

другие, более медленные, а также более быстрые течения, а затем измерь уклон 100 локтей при помощи ватерпаса. На этом основании, измерив различные воды, ты сумеешь сказать, каков уклон реки на милю, отмеривая только 100 шагов на берегу и замечая, за сколько времени твоя лодочка прошла этот путь (Tr., 31).

Та часть дна или берега, которая стоит под более прямым углом к прямому течению вод, будет более разрушаема текущей водой [7] (H, 35об.; ср. T. A., VI, 3).

Опытное исследование отскоков в ровном канале.



То, что, как ты видишь, здесь делает вода между верхом и низом, то же будет она делать между правой и левой сторонами, ударяясь в берега, за исключением того, что поднимающаяся вода не будет переливаться.

Пусть одна стенка канала сделана из стекла, а остальные из дерева, и вода, которая ударяется, смешана с просом или бумажной массой, чтобы лучше видеть течение воды, благодаря их движениям. И произведя эксперимент над такими отскоками, покрой дно песком, смешанным с мелкой галькой, а затем выровняй его и дай воде отскакивать вверх, наблюдая, где она поднимается или ложится.

Затем сделай из ила берег у деревянной стенки и смотри сквозь стекло на его действие, производя опыт с непрерывно текущей водой (I, 115; ср. T. A., V, 50).

Если река повернет к трещине, образованной землетрясением, то она не потечет дальше, а вернется в тело земли, как это делает река Евфрат. И так случится с тем, кому в Болонье досаждают его реки (Leic., 28).

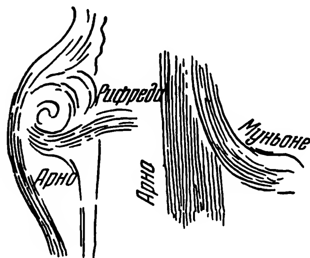
Течение меньшего количества воды повинуется большему количеству больших разливов — оно меняет направление, увлекается ими и менее размывает свои берега. Это на опыте показывает река По, где вода при низком уровне часто растекается в поперечных направлениях, увлекаемая низинами, и, направляясь к ним, ускоряет свое течение, ударяет об основания берегов, размывает их и производит большие обвалы. А когда река полноводная, меньшая масса воды, которая раньше растекалась по сторонам, ударяя и подмывая берега, оставляет свое прежнее течение, ибо теперь ее увлекает с собой бóльшая масса и, устремляясь теперь к ее дну, она перестанет вредить берегам.

Когда реки имеют одинаковое начало, протекают по одинаково ровной поверхности и между одинаково широкими берегами и сливаются, то одна река проникает в извивы другой.

Вода, которая течет на поверхности, будет настолько более быстрой, что покроет другие воды, нижележащие. Поэтому, хотя ее течение и пересекается другим, тем не менее на поверхности вода не изменит своего прежнего прямого. Это следует из того, что прежнее течение, гранича с воздухом, может сделать больше, чем противодействующее нижележащее и закрытое от воздуха. Доказательство можно видеть в легких предметах, плывущих по этой воде (A, 23об.; ср. T. A., II, 82; VI, 19).

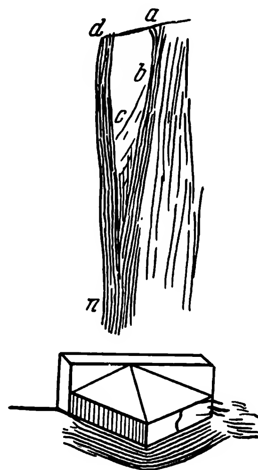
Когда меньшая река вливает свои воды в бóльшую, текущую в противоположном направлении, течение меньшей реки изменит свое направление в сторону, откуда притекает бóльшая река. Это получается потому, что когда бóльшая река наполняет водою все свое русло, она образует водоворот ниже устья меньшей реки

и таким образом гонит вместе с собой воду, вытекающую из меньшей реки. Когда меньшая река вливает свои воды в бо́льшую реку, протекающую мимо ее устья, ее во́ды повернут в сторону течения большей реки.



Когда меньшая река вливает свои воды в реку бо́льшую, текущую к устью меньшей, ее воды повернут в сторону течения большей реки. Но если меньшая река вливается в прибывающие воды большей, то она направит свои воды по прямой линии к середине большей реки. И если течение меньшей реки встречается с течением большей под острым углом, эта бо́льшая всегда будет поддерживать подъем воды в меньшей и образует сильнейший водоворот в ее устье, кружащий в сторону течения большей реки (Leic., 15).

Когда полноводность рек уменьшается, острые углы, образуемые при слиянии их рукавов, становятся короче на своих сторонах и шире в своей вершине. Пусть мы имеем течение an и течение dn, сливающиеся в n, в момент, когда река наиболее полноводна. Я утверждаю, что в этом случае, если до полноводья dn было ниже, чем an, то во время полноводья dn наполнится песком и илом; при падении воды в dn ил будет унесен прочь и дно станет ниже и во́ды канала an, оказавшегося более высоким, стекут в нижний dn, смывая всю вершину отмели bcn. Таким образом, угол acd станет шире, чем угол and, а стороны его станут короче, как я уже сказал вначале (Leic., 16об.).



О водоворотах

Примечай движение на поверхности воды, которое походит на волосы, обладающие двумя движениями: одно из них зависит от веса пряди, а другое от линии завитков. Точно так же вода имеет свои водовороты, одна часть которых зависит от импульса главного течения, а другая зависит от падающего и отраженного движения (W, 12579).

О том, как вихри ветров в некоторых устьях долин ударяют о воды и образуют в них глубокие воронки, поднимая воду в воздух в виде столпа, имеющего цвет тучи. Это самое я видел когда-то на одной из песчаных отмелей Арно, где в песке образовалась воронка глубиною больше человеческого роста, и из нее была захвачена галька, разбросанная на далекое пространство, причем казалось, что она имеет в воздухе форму огромного колокола, а вершина вздымалась как ветви большой ели и только затем, при соприкосновении с прямым ветром, дувшим со стороны гор, она склонилась (Leic., 22об.).

Из водоворотов одни наполнены воздухом, другие наполнены водой. Все, которые берут начало на поверхности, наполнены воздухом, а те, которые берут начало под водой, наполнены водою (Т. А.. IV, 7).

Какие водовороты более устойчивы? Те водовороты более устойчивы, которые наполнены водой. А те, которые наполнены воздухом, менее устойчивы. Это происходит оттого, что вода в воде не имеет тяжести, каковую имеет вода, находящаяся выше воздуха. Вот почему водовороты, образующиеся вокруг воздуха, имеют тяжесть и быстро умирают (Т. А., IV, 8).

Если вода, находясь выше воздуха, приобретает тяжесть, как показывает 7-е [положение] 9-й [книги], то какая причина производит, что стенки водоворота держатся выше, чем его дно, хотя до самого дна такой водоворот полон воздуха? У тебя есть 61-е



Водоворот (W, 12660об.)

[положение] 7-й [книги], которое доказывает, что всякое судно имеет тяжесть единственно по линии своего движения и ни по какой другой. А теперь посмотри, что самые глубокие водовороты уходят в глубину наподобие больших колодцев, стенки которых образованы водой, что везде в этом водовороте вода выше, чем воздух, и что такие водяные стенки имеют тяжесть только по линии своего движения,— до тех пор, пока они обладают силой, которую дает им источник их движения (F, 14об.; ср. Т. А., IV, 41).

О движении водоворотов и их скорости. Винтовое, или кружащее движение всякой жидкости тем быстрее, чем оно ближе к центру своего вращения. То, что мы здесь предлагаем,— случай, достойный удивления. Ведь круговое движение колеса тем медленнее, чем оно ближе к центру вращения, а в частном случае воды мы этого не имеем. Притом движение по скорости и продолжительности— одно и то же в каждом полном обороте воды, как на окружности большего, так и на окружности меньшего круга. Однако в меньшем оно менее отлого, нежели в большем, во столько раз, во сколько больший круг более отлог, чем меньший. Таким образом, вода обладает одинаковым движением во всем своем круговом движении, и если бы этого не было, воронка сразу же распалась бы. Однако, поскольку тяжесть такого водоворота, действующая в боковом направлении, двоякая, воронка не имеет постоянного движения. Из этих двух слагаемых тяжести первое порождается круговым движением воды, а второе — стенками воронки, которые налегают и в конце концов обрушиваются на воздух, заполнявший ее (Т. А., IV, 52).

В больших и широких водоворотах вода поднимается и покрывает землю, нарастающую в их середине. В маленьких водоворотах эта вода буравит и вымывает середину такого водоворота (F, 7).

О силе водоворотов и их быстроте. Тот водоворот в середине более медленный, чем по краям, который имеет больщой периметр. И происходит это оттого, что такие водовороты только

кружат, причем вода держится на своем месте и не опускается вниз, сверля.

О том же. Водоворот, быстрый в середине своего кружения, увлекает ко дну воздух и воду. Причина заключается в том, что такие водовороты, кроме кругового своего движения, имеют движение сверлящее, в сторону дна (Т. А., IV, 39—40).

О воронке и пользе водоворотов. Тот водоворот будет иметь более глубокую воронку, который возникает в воде, обладающей более быстрым движением (F, 13об.; ср. Т. А., IV, 49).

Водяная воронка будет тем более проницаемой, чем более отлога стенка ее устья. Это происходит на основании следующих положений, гласящих: «Та воронка обладает большей силой, которая более вертикальна» и, наоборот; «та воронка будет более слабой, которая более отлога». И происходит это потому, что она наклоняется под действием течения и одолевается им.

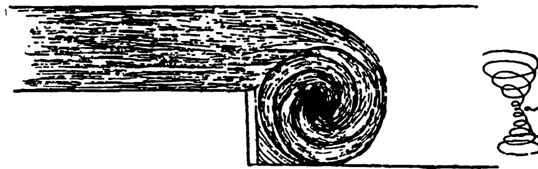
Та воронка более сильна, которая более тесна. Доказывается вышесказанным, ибо чем она теснее, тем ближе к вертикали и тем меньше одолевается и побеждается течением (Т. А., IV, 43—45).

Если подводный камень на реке выходит наружу и разделяет течение воды, которая за этим камнем вновь соединяется, то промежуток между камнем и соединением воды будет тем местом, где отлагается песок.

Но если камень разделяет течение воды только внизу и покрыт текущей водой, то вода, проходящая поверх него, будет падать за ним, вымывать у его подножия яму и переворачивать его. И вода, которая обрушивается в эту низину, кружит в водоворотах между низом и верхом, ибо воссоединение двух вод, разделенных камнем, не дает им сразу продолжать свой путь (I, 67об.; ср. Т. А., IV, 26; VII, 13).

Почему [когда] в реке с ровной поверхностью имеется на дне всего один утес, вода после него образует много бугров? Причина за-

ключается в том, что вода, ударяющая об этот утес, падает за ним вниз и образует некоторого рода яму; проникая в эту впадину своим течением, она отскакивает вверх и, вновь падая на дно, опять делает то же, и делает так много раз, наподобие мяча, который бьют о землю и который, раньше чем закончить свое движение, совершает много прыжков, один меньше другого (А, 60; ср. Т. А., IV, 36).

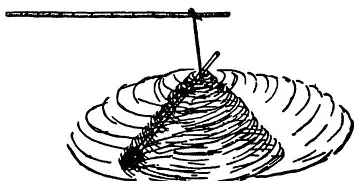


О движении водоворотов. Вода на дне образует водовороты, кружащие в направлении, противоположном тому, которое бывает наверху. Причина заключается в том, что круги, широкие наверху, сходятся в одну точку и погружаются вглубь. Продолжая двигаться в начатом направлении, они на дне совершают движение, противоположное верхнему, удаляясь от своего центра[8]. Это показано на рисунках, помещаемых здесь. На первом, который ты видишь, все круги уходят вглубь к одной точке, а на втором верхнее круговращение переходит в противоположное движение в точке *a*, где начинается расхождение. А также доказывается это 33-й [главой] 2-й [книги], где сказано, что верхнее течение быстрее нижнего; следовательно, если при быстром движении вверху водоворот кружит в одну сторону, то в медленной воде он собирается в одну точку и возобновляет свое круговое движение в противоположном направлении (Т. А., IV, 53).

О временном круговороте. Рука, вращаемая круговым движением в сосуде, наполовину наполненном водой, производит временный круговорот, который откроет воздуху дно этого сосуда, а когда движущее остановится, водоворот этот продолжит

то же движение, но будет все убывать, до прекращения импульса, сообщенного ему движущим (F, 13).

Возможно на одной и той же большой водной поверхности (pelago) сделать поверхность воды, образующую дно водоворота, ниже, чем та поверхность, о которую ударяется другая впадающая вода. Способ осушать пруды, граничащие с морем (F, 15; ср. Т. А., IX, 18).



Возьми палочку, как показано здесь, сделай крылышки из жести и прикрепи к нижнему концу столько груза, чтобы нижняя часть ушла вглубь. Подвяжи эту палочку на нити к шесту и опусти часть ее под воду. Смотри тогда, изгибается ли верхняя часть при кружении или нет, и если да, то насколько? (A, 60; ср. Т. А., IV, 55).

О водоворотах. Иногда наблюдаются многочисленные водовороты, приводящие в движение на своих краях большое количество воды, и чем ближе к своему краю, тем бо́льшими они становятся. Они создаются на поверхности водою, поворачивающей назад после удара, произведенного более быстрым течением. Ведь во́ды, медленно движущиеся, ударяемые быстро движущейся массой жидкости, тотчас же приобретают указанную скорость, поэтому примыкающая сзади вода увлекается за ними насильно и отторгается от остальной. Так последовательно вся эта медленно двигавшаяся вода приобрела бы быстрое движение, если бы поток способен был всю эту воду принять, не поднимаясь выше; а так как это невозможно, то воде этой необходимо поворотить назад и израсходовать в себе самой подобные быстрые движения. Оттого названные водовороты, различно кружась, движутся, расходуя начальные импульсы. И не остаются на месте, но, образовавшись в таком кружении, уносимы они напором воды, не меняя очертаний, почему будут сразу совер-

шать два движения, — одно вращательное в себе, другое по течению воды, которое переносит их до тех пор, пока не разрушит (I, 78об.—78).

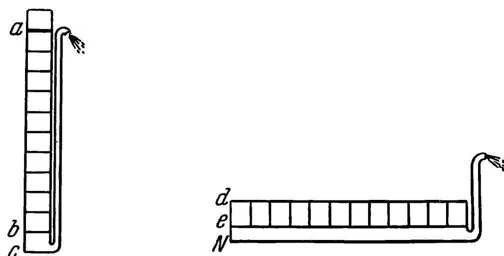
Из предметов, переносимых водой, тот больше кружит, форма которого меньше. Это происходит потому, что большие водовороты по течению рек бывают редко, а маленькие водовороты почти неисчислимы; большие предметы могут кружить только в больших водоворотах, но не в маленьких, тогда как маленькие предметы кружат и в больших и в маленьких.

Из предметов, переносимых течением воды и одинаковых по длине и ширине, те будут кружить меньше, которые сидят глубже. Это происходит оттого, что круговращения сильно варьируют от водной поверхности до ее дна. В воде на глубине возникает круговращений тем больше, чем ниже находятся порождающие их причины. Вот почему по необходимости предмет, уносимый водой и глубоко сидящий в ней, испытывает натиск круговращений на многих разных глубинах, а потому менее поддается им. И часты случаи, когда он не повинуется ни одному, а если и повинуется, то только самому сильному (I, 78об.— 78).

О равновесии и движении жидкостей

Тяжесть, которая будет в соответственной пропорции давить на меньшее количество воды, погонит ее выше над собою. Например, если *ab* — 11 локтей камня, находящихся над 1 локтем воды *bc*, то весь этот ниже расположенный локоть испытывает давление выше лежащей тяжести. Следовательно, если 1 локоть воды имеет над собою 11 локтей камня, то вода поднимается в 11 раз выше, нежели локоть *en*, над которым находится 1 локоть камня. Иначе говоря, 11 локтей воды имеют над собою 11 локтей камня. Здесь можно было бы сказать: если каждый локоть воды испытывает давление

в 11 раз меньшее, нежели тогда, когда эти 11 одинаковых давлений суммируются, то это удовлетворяет первой пропорции, а именно:



во столько же раз *en* будет выбрасывать воду ниже, нежели *bc*. Ведь то же самое действие получается, если сделать из одной вещи 11 частей или 11 частей свести в одну (А, 45).

Мера воды, поднимающейся в трубке. Столб воды, который непрерывно поднимается под действием другого движущегося столба, будет тем тоньше по сравнению с тем, который его движет, чем он длиннее. Измерь воду, спускающуюся с высоты [9], и умножь на высоту, на которую ты хочешь ее поднять, и это будет предельное и максимальное количество, которое выльется. И сколько раз высота падения воды содержится в ширине ее подъема, во столько же раз будет эта вода тоньше, нежели та, которая движется вверх[10].

О том же. Тяжесть воды, перемещаемой вверх по какой-нибудь трубке выше своего первоначального уровня, будет стоять к тяжести другой воды, которая ее гонит, в том же отношении, в каком толщина трубки стоит к толщине бочонка, из которого вода уходит, при условии, что плотность давящей воды — та же, что плотность воды в бочонке, т. е. воды, испытывающей давление (Т. А., VIII. 58—59).

Количество воды, которое поднимается (которое выходит наверх на воздух) выше своего уровня, никогда не весит столько же, сколько тяжесть, которая его гонит.

Сумма веса воды, которая поднимается в какой-нибудь трубке выше своего уровня, будет находиться в таком же отношении к весу той воды, которая ее гонит, в каком ширина трубки стоит к ширине бочонка, из которого вода выходит, при условии, что ширина [столба] воды, производящей давление, равна ширине воды, испытывающей давление в бочонке.

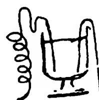
Тяжести, которые предназначены для того, чтобы давить на бочонки с водой и производить подъем ее по какой-нибудь трубке выше ее уровня, либо шире бочонка, либо у́же его, либо равны ему по ширине, и точно так же по своему веществу либо тяжелее, либо легче, либо своим [удельным] весом равны веществу воды. А именно: природа свинца тяжелее воды, дерево — легче, другая же вода будет равна воде первой. «Тяжесть будет либо шире бочонка, либо у́же его, либо равна ему по ширине»,— это говорится применительно к тому случаю, когда форма обоих не шаровидная, а ограничена плоскостями. Если тяжесть противовеса по количеству вещества [по удельному весу] будет вдвое больше тяжести воды ⟨...⟩.

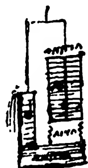
Противовес воды. Если противовес будет иметь ширину, равную ширине бочонка, на который он давит, то часть его, действующая и производящая давление на воду, поднимающуюся в противолежащей трубке, будет такова, какова ширина названной трубки.

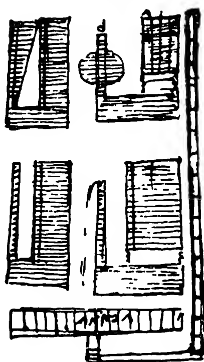
Но если такой противовес будет в 10 раз шире, чем бочонок, на который он давит, то вода, поднимаемая им, поднимется в 10 раз выше, чем поверхность воды этого противовеса. И то же она сделала бы, будучи ⟨...⟩.

Невозможно, чтобы груз, который опускается, мог поднять в течение какого бы то ни было времени другой, ему равный, на ту же высоту, с какой он ушел. Итак, молчи ты, хотящий противовесом поднять воду большего веса, нежели противовес, ее поднимающий! В самом деле, если ты поднимаешь тысячу фунтов на высоту одного локтя, то опускание их переместит около 100 фунтов воды на высоту 9 локтей и не более, согласно приведенному выше положению 5-му (С. А., 206 а; ср. Т. А., VIII, 83-84).

Если бочонок с водой будет испытывать давление камня, одинакового по величине и по форме с содержащейся в нем водой, то вода, выдавливаемая из этого бочонка по трубке определенной толщины, поднимается на тем бо́льшую высоту, по сравнению с верхней поверхностью камня, чем больше тяжесть камня в сравнении с тяжестью этой воды,— в 9-й тетради. Невозможно, чтобы вода, поднимающаяся вверх по ровному каналу, имела бо́льшую вескость (pondo), нежели тяжесть (peso), которая ее гонит,— в 10-й тетради. Количество воды *a*, производящей давление на бочонок и заставляющей выливаться воду из этого бочонка, равно количеству воды *b*, вытекающей из этого бочонка, ибо плотность и вес воды одинаковы. И возможно, что вода, поднимающаяся вверх по неровному каналу, имеет вес больший, чем вес, который ее гонит, однако никогда он не будет бо́льшим, чем вес, который ее там держит, ибо ее вес — на наклонных стенках, там, где трубка расширяется, а остальное нагружает по отвесу более узкую часть этой трубки.

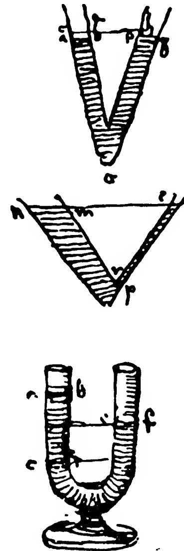






Столько раз, сколько устье трубки содержится во всей полости бочонка с водой, испытывающей давление, столько раз тяжесть воды, поднимающейся по трубке, содержится во всей тяжести, давящей на бочонок. Если полости трубки и бочонка друг другу равны и вес воды поднимающейся равен весу воды, давящей на бочонок, то высота поднимающейся воды по сравнению с высотой воды, производящей давление, будет тем больше, чем шире вода, производящая давление, по сравнению с водой поднимающейся. Если две трубки с равными полостями укреплены в разных наклонах и ограничены параллельными линиями, то, хотя бы они и разнились сильно по

длине, тяжесть воды, нагружающая их дно, всегда будет одинаковой. Та часть тяжести, производящей давление на сосуд, которая является причиной подъема воды, будет стоять в таком отношении к своему остатку, в каком отверстие, через которое вода вытекает, стоит к остальной части поперечного сечения сосуда. Здесь следует иметь в виду, что не вся тяжесть действует, давя на воду, поднимающуюся по трубке, но лишь та ее часть, которая соответствует продырявленной части в горизонтальной поверхности сосуда, т. е. если отверстие, через которое вода выходит из сосуда и проникает в трубку, содержится 100 раз во всей плоскости сечения сосуда, то и та часть тяжести, которая в этом случае действует, будет содержаться 100 раз в остальной ее части. И тем больше будет тяжесть воды, поднимающейся в трубке, чем больше величина тяжести, которая ее гонит из сосуда — в 9-й тетради (Leic., 26).



О равновесии жидкостей. Коромысло *aeb* заключается в двух трубках, соединенных под углом в нижних своих концах; вода, которая в них содержится, сообщается и имеет с одной, стороны некоторое количество масла, а с другой находится просто вода. Я говорю, что поверхности этой воды в той и другой трубке не будут находиться в положении равенства и поверхность масла не будет находиться в положении равенства с поверхностью воды в противоположной трубке. Доказывается это тем, что масло менее тяжело, чем вода, и потому держится на воде; и его тяжесть, соединенная в одной и той же трубке с тяжестью лежащей под ним воды, делается равной весу воды, находящейся в противоположной трубке, сообщающейся с первой. Но так как сказано, что масло менее тяжело, чем вода, то если оно должно равняться по весу отсутствующей под ним воде, необходимо, чтобы было его больше, чем этой

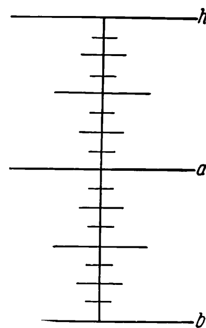
отсутствующей воды; и оно, следовательно, займет в этой трубке больше места, чем то, которое занимал бы такой же вес воды; и поэтому поверхность масла выше в своей трубке, нежели поверхность воды в трубке противоположной; и поверхность воды, расположенная под маслом, ниже поверхности противустоящей воды.

Наоборот, поверхность *mn* поднимет вверх поверхность *st*. Масло — *abcd*, а жидкость *cdef* есть вода...

Если масло будет вдвое легче воды, то в этом третьем приборе поверхность воды на одной стороне придется против центра тяжести масла [на другой]. И пусть трубки сколь угодно разнообразны по толщине, а масло взято в количестве каком угодно, никогда это правило не отступит от указанного порядка (Е, 74об.; ср. Т. А., VIII, 78—79).

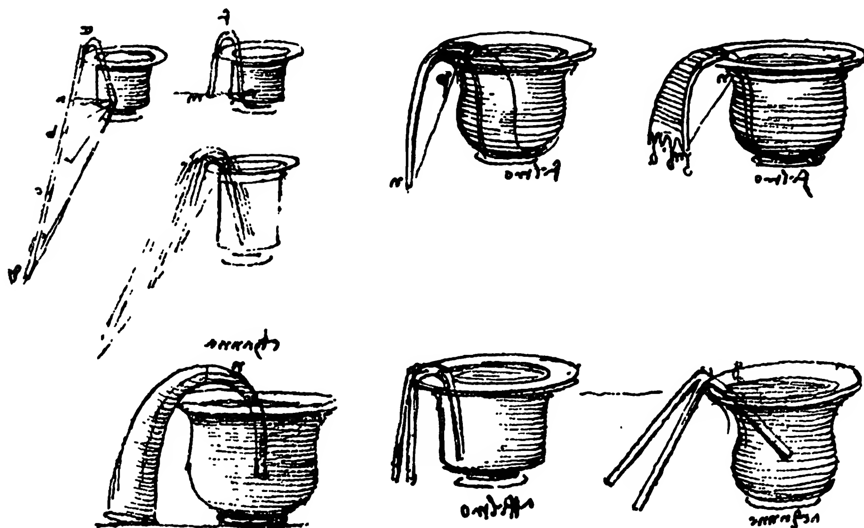
О жидкостях, которые не смешиваются друг с другом, и которые смешиваются друг с другом. Пусть *ab* — ртуть, *bc* — простая вода, *b* — кран, который отделяет ртуть от воды. Я говорю, что если кран открыть, дав соединиться обеим частям трубки, то ртуть подойдет под воду и никакая часть воды не подойдет под ртуть и вода с ртутью уравновесятся (С. А., 219об. а).

Если при данной толщине водяного столба удвоить количество воды в каждой части этого столба, то сила удвоится. Разделим на 8 градусов высоту воды *ab* и возьмем сначала нижний градус, который нагружен остальной частью столба, т. е. 7-ю градусами. Удвой воду сверху, добавив *ha*, тогда ты нагрузишь нижний градус 8-ю градусами больше, чем раньше, что составляет вдвое больше, чем семь, с остатком в единицу. И если ты захочешь произвести подсчет для $^1/_4$ высоты столба, т. е. для 2 градусов, то в



указанном случае ты увеличил тяжесть вдвое с отстатком в единицу, ибо сначала первую четверть нагружали три четверти, а теперь их семь. Если же ты разделишь высоту *ab* на 2 градуса, то ты увеличишь тяжесть [также] вдвое с остатком в единицу, ибо раньше первый градус нагружался одним градусом, а теперь их три. Если, наконец, ты пожелаешь говорить о всей высоте *ab* и удвоить тяжесть, то у такого столба удваивается сила, но тогда мы уже не имеем единицы силы [в остатке] (Т. А., VIII, 24).

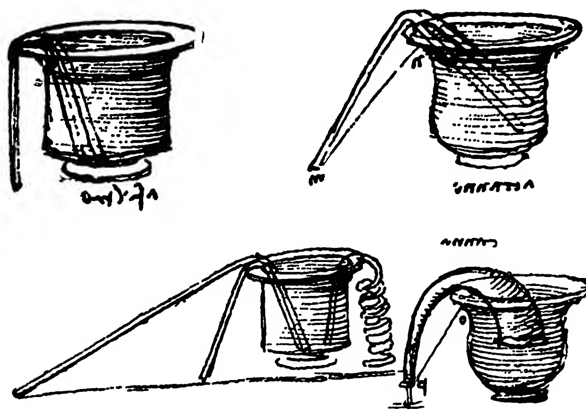
Эта вода не будет совершать движения по трубке (cicognola) неодинаковой ширины, униформно-диффoрмной в виде рога, ибо воздух проникает, занимая и заполняя пустоту и с возрастанием ширины



трубки пустота возрастает, а потому вода возвращается в сосуд, падая с высшей точки трубки, а воздух устремляется сзади для заполнения пустоты. Но если более узкий конец трубки останется снаружи сосуда, то, когда она вся наполнена водой, по необходимости

вода потечет через это меньшее отверстие, поскольку более узкая часть находится ниже уровня воды в сосуде, ибо ⟨...⟩.

В униформно-дифформной по своей ширине трубке (feltro) в каждой части ее длины вытекающая вода приобретает ступени скорости, т. е. вода приобретает тем бóльшую скорость, чем меньшей становится ширина трубки, и это происходит оттого, что вода, текущая по более широкой части трубки, есть та же самая, которая



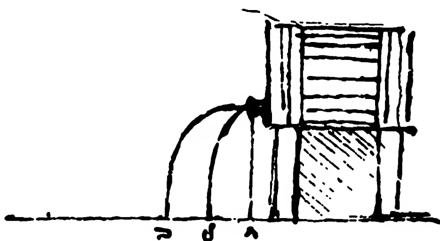
раньше поднималась по менее широкой и, распространяясь шире в более широкой, по необходимости должна замедляться.

Если более узкая часть трубки будет вне сосуда и ее конец ниже уровня воды в сосуде, то вода станет вытекать по такой трубке неравномерным движением, в том же самом отношении, в каком меняется ширина трубки. Но отношение будет обратное, ибо в более узкой части трубки скорость воды больше, нежели в более широкой.

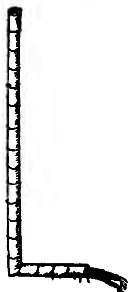
Все трубки, по которым вода течет с одинаковой скоростью и которые кончаются на одинаково низком уровне, будут выливать в равные времена равные количества воды из того же сосуда, хотя бы длина их и варьировала до бесконечности.

Если сифон (cicognola) состоит из трех трубок одинакового диаметра и одна из них, более короткая, опущена в воду сосуда, а две другие, более длинные, выходят за пределы сосуда так, что их концы

расположены ниже поверхности воды в сосуде, то эти две трубки не будут выливать воды другой, кроме той, которая первоначально находилась в них, а после того движение этой воды остановится. И происходит это потому, что вся толща воды, находящейся в той трубке, которая погружена в сосуд, распределяется по двум половинкам трубок, выходящих наружу, а две остальные половины остаются наполненными воздухом. Этот воздух устремляется затем за водой, которая возвращается назад по трубке, погруженной в сосуд, и на этом кончается движение (Leic., 34об.)



Д в и ж е н и е. То же отношение, в каком находятся *bc* и *ac*, ты найдешь и между двумя количествами вина, находящегося в бочонке, которые делают вытекающую струю более близкой или далекой. Иными словами, если вино в бочонке, который сначала был полным, вытекало в *c*, а при бочонке почти пустом вытекало в *a*, знай, что когда оно будет литься между *a* и *c*, в точку *b*, бочонок будет наполнен ровно наполовину (C, 5об.).



Естественно, что одна и та же трубка может выбрасывать воду на бесконечное расстояние от себя, ибо бесконечной может быть высота налитой воды, которая нагружает отверстие трубки. Так, например, трубку *ba* можно вообразить бесконечной высоты, и с каждой ступенью высоты трубка приобретает ступени расстояния, отбрасывая воду от себя (I, 14; ср. T. A., VIII, 55).

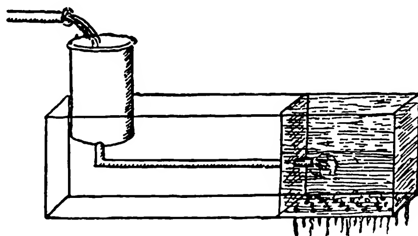
Если бочка содержит вино, уровень которого находится на высоте в 4 локтя, и вино выбрасывается из бочки на расстояние 4 локтей, то когда вино, опускаясь, дойдет до уровня в 2 локтя, станет ли оно выбрасываться по той же трубочке также

на расстояние 2 локтей, т. е. убывают ли понижение уровня и импульс выбрасывания в равной пропорции или нет?

И если бочка, будучи полной, выливает через свою трубку 2 кружки в час, должна ли бочка, наполненная наполовину, выливать на этом основании только одну кружку в час через ту же трубку, что и раньше?

Это правило вместе со всеми другими подобными, касающимися воды, которая течет по трубам, должно быть помещено в начале книги «Об инструментах», чтобы можно было опираться на большее число правил, приводя доказательства, относящиеся к этим инструментам (I, 73).

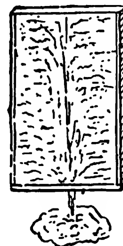
Спрашивается здесь: если сосуд будет продырявлен на дне равными отверстиями наподобие решета, то какое из отверстий выльет больше воды в одинаковый промежуток времени? Ты поступишь так для проверки на опыте и установления правила. Открывай по одному отверстию и определяй, сколько весит вода, вытекающая с высоты одного локтя, или большей или меньшей — как тебе угодно; затем закрой первое и то же сделай с другими, закрывая одно за другим те, с которыми ты опыт уже произвел. Но позаботься, чтобы в сосуд доливалась другая вода без всякого толчка, дабы нигде не производить давления на дно принимающего ее сосуда, и чтобы в сосуде этом было по весу всегда столько же воды. И для этого надобно, чтобы сосуд, принимающий воду, был отделен от того, из которого она наливается (C. A., 126 об. а; ср. Т. А., VIII, 2).



Если ты хочешь произвести испытание, какая часть воды в сосуде, из которого она вытекает, выходит наружу, произведи такой опыт с сосудом проса, гладкого и мелкого. Закрывай и открывай

различные отверстия в таком сосуде и ты увидишь, опускается ли верхняя поверхность проса в той части, которая находится по отвесу над нижним отверстием, или же нет.

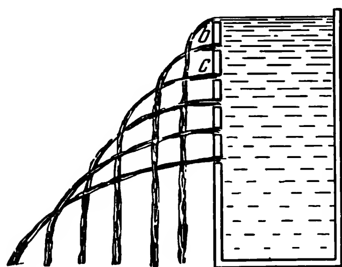
И если ты скажешь, что этот опыт нехорош, поскольку вода сама по себе — величина единая и непрерывная, а просо —дискретная и прерывная, на это я тебе отвечу: я хочу позволить себе такую вольность, общую с математиками, а именно: подобно тому, как они делят время на градусы, превращая его из величины непрерывной в прерывную, так и я сделаю то же, приравнивая просо или песок к воде (C. A., 126об. a; ср. T. A., VIII, 12).



О мере вытекающей воды, и сколькими способами она может варьировать. Вода, которая вытекает через устье той же величины, может варьировать ⟨...⟩ способами: 1-й из них — в зависимости от более высокого или более низкого положения поверхности воды над устьем, откуда она вытекает; 2-й — от прохождения воды с большей или меньшей скоростью через стенку, в которой сделано это устье; 3-й — от большего или меньшего наклона нижних стенок в толще того устья, через которое проходит вода; 4-й — от разного наклона боковых стенок такого устья; 5-й — от толщины краев этого устья; 6-й — от формы этого устья (т. е. круглого, квадратного, треугольного, продолговатого); 7-й — от расположения этого устья при большем или меньшем наклоне [всей] стенки по длине; 8-й — от расположения такого устья при большем или меньшем наклоне стенки по высоте; 9-й от расположения его в вогнутой или выпуклой стенке; 10-й — от расположения его в канале большей или меньшей ширины; 11-й — в зависимости от высоты канала, которая дает наибо́льшую скорость или медленность на высоте устья; 12-й — в зависимости от того, имеются ли против этого устья на дне бугры или впадины; 13-й —от того, дует ли ветер на воду, которая проходит через это устье, или нет; 14-й —от того, падает ли низвергающаяся из этого устья вода в

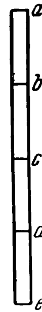
воздух или же загорожена с одной стороны или со всех, кроме лицевой; 15-й— от того, плотная ли или тонкая вода, которая падает закрытая в своем сосуде; 16-й — падает ли закрытая вода на долгом протяжении или на коротком; 17-й — являются ли стенки канала, по которому такая вода стекает, выпуклыми или округлыми, прямыми или кривыми (F, 9об.; ср. Т. А., VIII, 16).

Если уровень воды не опускается ниже положенной высоты, количество ее, вытекающее через данное отверстие в данный отрезок времени, тем больше, чем больше высота этого отверстия. Я утверждаю, что если из *b* вытекает в определенное время определенное количество воды, то из *c* вытечет в то же самое время вдвое больше воды; ибо над *c* вес воды вдвое больший. И соотношения между тяжестями здесь не такие, какие у плотных и цельных предметов, падающих в воздухе; вода, ударяя о воздух, образует в нем сплошное отверстие, тогда как плотное и цельное тело, падающее в воздухе, последовательно размыкает перед собою воздух, который оказывает известное сопротивление, а следовательно, до известной степени поддерживает это тело своим уплотнением, почему и не уступает дорогу движущемуся телу определенной длины так, как он уступает ее воде, имеющей длину неопределенную.

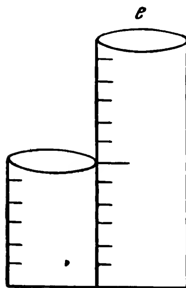


Если при вытекании воды через отверстия, расположенные на различном расстоянии от дна, уровень воды в канале понижается, то более высоко расположенное отверстие больше теряет в смысле среднего выхода воды, чем расположенное под ним. Предположим, что уровень воды понизился на всю высоту *ab* над отверстиями *d* и *c*. В этом случае *c* потеряло половину своей силы, так как *ab* принято равным *bc*. Между тем отверстие *d* потеряло треть сво-

ей силы, потому что *ab* содержится три раза в *ad* и т. д. Следовательно, если за один и тот же промежуток времени пропадет высота воды *ab*, то, когда отверстие *c* теряет три половины, *d* теряет только одну. В самом деле: если сила *ac* равна 6, то при отнятии *ab* у *c* останется сила, равная 3, ибо у него отнята $^1/_2$ высоты. В этом же случае *da*, имевшее силу, равную 9, при отнятии *ab*, равного 3, остается с силой, равной 6. Следовательно, при отнятии *ab*, *c* теряет половину, а *d* — треть (F, 53; ср. Т. А., VIII, 17—18).



Сосуды одинаковой ширины, наполненные водой в количестве 2 : 1 и выливающие ее через отверстия, находящиеся в самой нижней их точке, будут с каждой ступенью времени менять ступени отношений между выливаемыми ими количествами. Я утверждаю, что если в самом начале вытекания количество воды в *e* вдвое больше и количество воды, вытекающей в первый момент, вдвое больше, то сразу же соотношение меняется: если разделить высоту на 6 единиц в меньшем сосуде и на 12 в большем, то когда в меньшем сосуде уровень понизится на 5 единиц и в большем также на 5, то в меньшем останется 1 единица высоты воды, а в большем 7, что составляет отношение 7 : 1 (K, 128).

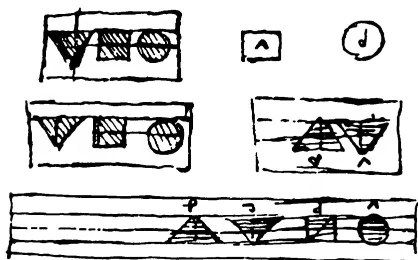


То отверстие выливает воду более обильно, которое получает воду с большей скоростью.

Из воды, проходящей за один и тот же промежуток времени через равные отверстия, та будет более обильна, которая проходит через отверстие с большей скоростью (C. A., 124 a; ср. Т. А., VIII, 27, 28).

Из отверстий, по которым вытекает вода и которые расположены на одном уровне ниже поверхности воды в бочонке, менее препятствовать прохождению этой воды будет то, которое менее соприкасается с нею. Пусть *a* и *b* — одинаковые отверстия, *a* — квадратное,

b — круглое. Я утверждаю, что вода, которая проходит через круглое отверстие, будет находиться в меньшем соприкосновении с ним, нежели вода, которая проходит через отверстие квадратное, равное круглому, ибо линия, которая опоясывает квадрат, длиннее, чем линия, которая опоясывает круг.



То отверстие выльет больше воды за одно и то же время, которое вверху больше, чем внизу.

Вывод на самом деле гласит: если взять треугольные отверстия одинаковой ширины, расположив их верхние края на одном уровне ⟨...⟩.

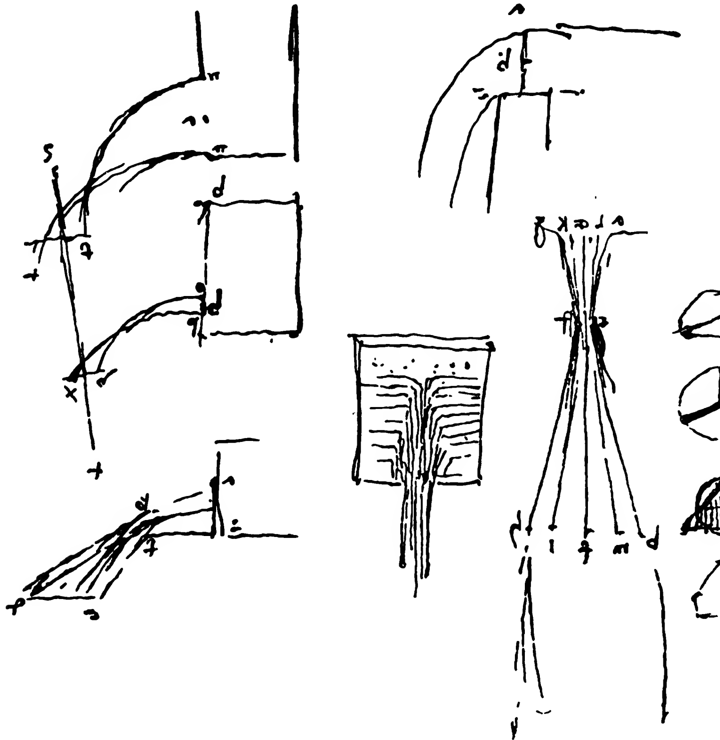
Из равных [треугольных] отверстий за одно и то же время выльет больше воды то, которое внизу больше, нежели вверху.

Эти четыре отверстия между собою равны и расположены на одном уровне: *a* выливает меньше от середины книзу, чем *b*, и *c* меньше, чем *d*. Здесь круглое отверстие выливает меньшее количество воды, чем квадратное (F, 54 об.; ср. Т. А., VIII, 32—33).

Из отверстий, имеющих одну и ту же фигуру, равную ширину и центры на одном уровне, тó будет выбрасывать воду на более далекое расстояние, фигура которого больше. Но центры их удара будут у всех одинаково удалены от отверстия. Центр отверстия *nm* столь же удален от поверхности воды, сколь и отверстие *op*, но нижние границы того и другого разные, ибо нижняя граница большего отверстия дальше отстоит от поверхности воды, нежели нижняя граница меньшего, а потому оно более нагружается давящей на него водой, нежели меньшее. Вот почему оно сильнее и, следовательно, дальше гонит нижнюю часть своей воды, нежели меньшее отверстие гонит свою.

Всегда при вытекании воды из бочонка в воздух, верхняя часть ее повинуется нижней, и происходит это на основании вышесказан-

ного, показывающего, каким образом верхняя часть одолевается и перемещается нижней. Будучи теснима верхней, эта нижняя часть становится более сильной, чем верхняя, у которой нет ничего, что́ бы ее теснило.



При удвоении высоты поверхности воды над плоскостью ее опоры, удваивается ли количество вытекающей воды, или ее вытекает еще больше, или меньше? Больше,— и доказывается это той нагрузкой, которую нижняя вода получает от возросшего количества воды сверху, ибо первоначальная масса была унция и на нее давила тяжесть другой унции *c*, а если сверху прибавить еще унцию, то первая, нижняя из указанных унций имеет над собой вдвое боль-

шую тяжесть, нежели та, которая на нее давила раньше, и, следовательно, движение удвоилось в отношении скорости, проходимого пути и количества вытекающей воды.

Чтобы увидеть, какая вода в сосуде выходит через отверстие на дне этого сосуда, возьми два четырехугольных куска стекла в $^1/_4$ локтя и прикрепи то и другое параллельно друг другу на расстоянии двойной толщины лезвия ножа, укрепив края с трех сторон воском; далее, с четвертой стороны наполни светлой водой, в которую брошены мелкие семена, плавающие на всех уровнях этой воды. Затем ты сделаешь маленькое отверстие в дне и дашь выход воде. Держи неподвижно свой глаз у стенки сосуда, и движение названных семян даст тебе понятие, какая вода с большей скоростью течет к отверстию и откуда она движется (С. А., 81 а; ср. Т. А., VIII, 4, 6, 19).

О воде, которая движется по трубкам. Вода, которая движется вертикально вниз по трубке постоянной ширины, будет тем более быстрой, чем трубка длиннее.

Вода, которая движется вертикально вниз по трубкам одной и той же длины, будет тем более быстрой, чем шире эти трубки. Это доказывается тем, что центральная линия такой воды удалена от трущихся поверхностей в широкой трубке больше, чем в трубке узкой, а потому движение воды испытывает меньше помехи, а потому становится более быстрым.

Вода, которая движется по горизонтальной трубке,— более плотная, нежели та, которая течет по открытому каналу, особенно тогда, когда в такую трубку вода поступает по вертикали и вытекает из нее по вертикали (Е, 12об.; ср. Т. А., VIII, 48, 49, 50).

Если у тебя есть трубка, наполненная водой, открытая сверху и снизу, и если нижний конец ее ты сильно упрешь в глину, так, чтобы она не имела там никакого продуха или скважины, наполнив ее водой, а затем внезапным быстрым движением поднимешь трубку вверх, ты увидишь, что вода некоторое время сохранит форму, которую она имела в пустоте трубки, а затем с почти неуловимой быстротой распространится и разольется кругóм. И если поверхность —

совершенно ровная, то величина этого круга будет тем больше в сравнении с тем, когда вода находилась в трубке, чем выше находилась она в трубке по сравнению с тем, когда она разлилась по поверхности.

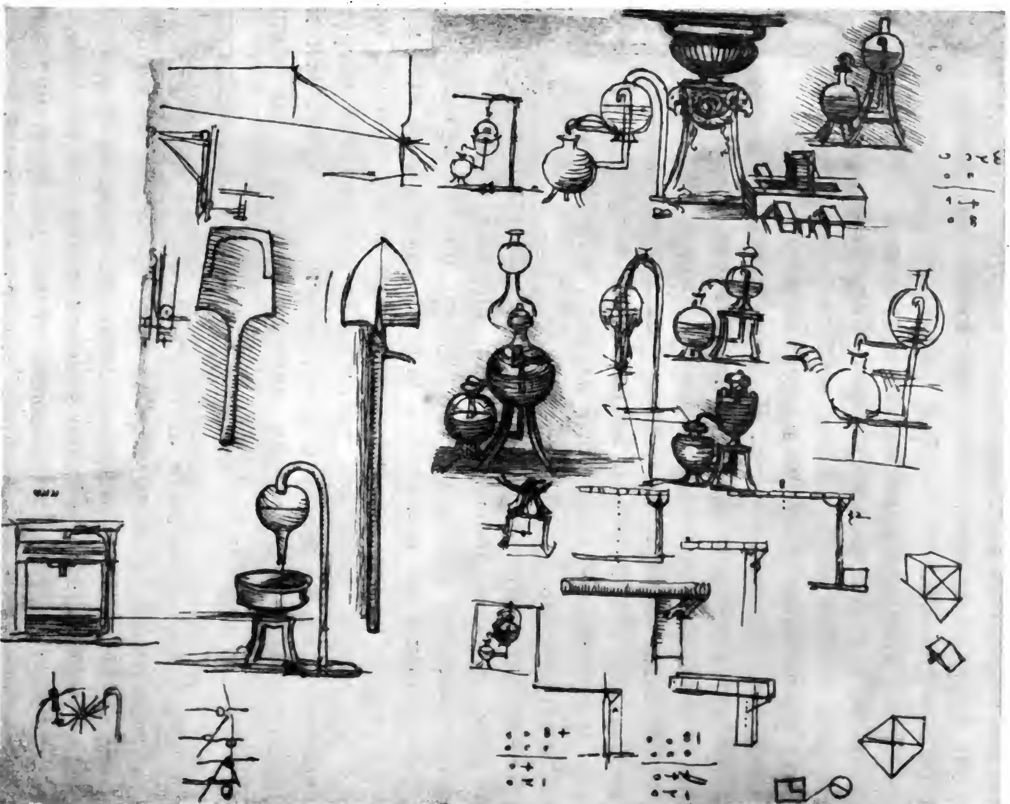


Сначала дай простое изложение этого тезиса, а затем доказательство с чертежами и буквами. Если вода, находящаяся в трубке *ac*, держится вертикально, в этом нет ничего удивительного, ибо ее поддерживает и связывает тело, более твердое, чем она. Но вода, находящаяся на свободе, вне трубки, в *ab*, и касающаяся земли, почему она не изгибается в какую-нибудь сторону, не будучи поддерживаема сверху? Я говорю — не будучи поддерживаема, ибо скорее вода, находящаяся в трубке, опирается и держится на выходящей наружу, нежели последняя держится ею.

Вода, свободно вытекающая из трубки, не искривляется, хотя окружена только воздухом, который обладает сопротивлением меньшим, чем трубка, по той причине, что удар, производимый ею всею, столь быстро разъединяет ее с притекающей сверху водою, что последняя при своем падении оказывается без опоры. Если это так, вода не находит, где опереться, а следовательно, не может и покривиться, ибо кривиться может только такая линия, которая находится между двумя сопротивлениями (C. A., 84об. a; ср. T. A., V, 19).

Вода, свободно вытекающая из сосуда в воздух, если длина ее струи максимальная, увлекает с собой воду из сосуда, из которого она вытекает, настолько же, насколько она увлекала бы ее, если бы длина ее струи равнялась толщине полости трубки, из которой она выливается. Но если вода, вытекающая из сосуда, будет окружена трубкой, через которую она проходит, знай, что с каждой ступенью длины трубки сосуд приобретает ступени скорости вытекания.

Вода, вытекающая через воздух или через трубку, на каждой ступени движения сохраняет одну и ту же скорость течения.



Страница «Атлантического кодекса» (С. А., 400)

То, что сказано, доказывается ранее приведенным положением, гласящим: «Та вода будет иметь бóльшую скорость и в большем количестве вытечет через одну и ту же трубку, которая будет вытекать из трубки, ближе расположенной ко дну сосуда, или из трубки, имеющей над собою более высокий уровень воды», т. е. на возрастание скорости влияет не долгое падение в воздухе, но и бóльшая высота над трубкой (Leic., 30об.).

О гидротехнических работах

Среди могучих причин земных бедствий кажется мне, что реки с опустошительными наводнениями занимают первое место; и не огонь, как думал некто, ибо огонь прекращает разрушительное свое действие там, где для него нет больше пищи.

Среди неотвратимых и гибельных проявлений ярости, нет сомнения, разливы разрушительных рек должны быть поставлены на первое место в сравнении с любым другим ужасным и страшным движением. И не пожар превосходит эти разливы, как думал некто. Я полагаю обратное, ибо огонь истощает того, кто его питает, и сам истощается вместе со своею пищей. Движение воды, поддерживаемое наклоном долин, также кончается и умирает в самом низком месте долин, но огонь производится горючим материалом, а движение воды — склоном; горючий материал не образует единого целого, и бедствие постигает разные и обособленные места, огонь умирает там, где ему недостает пищи. Наклон долин — один, и общим становится бедствие, с опустошающим бегом рек, пока они вместе со своими долинами не кончатся в море — всеобщей низине и единственном покое кочующих речных вод.

Но какими словами смогу я описать ужасные и грозные беды, против которых бессильна всякая человеческая защита? Вздувшимися, гордыми волнами наводнение рушит высокие горы, размывает самые могучие берега, вырывает с корнем деревья. Хищные волны, гроза возделанных нив, уносят с собой непосильные труды

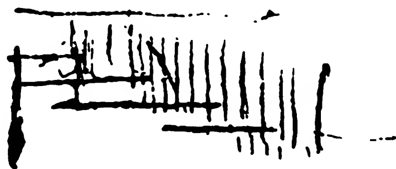
несчастных истомленных земледельцев, оставляя долины голыми и жалкими в их одинокой нищете.

Среди неотвратимых и гибельных проявлений ярости, нет сомнения, разливы разрушительных рек должны быть поставлены на первое место в сравнении с любым другим ужасным и страшным бедствием. Но каким языком и какими словами смогу передать я и описать ужасные опустошения, невероятные обвалы, неотвратимые хищения, произведенные разливом горных рек? Как смогу сказать я? Конечно, не чувствую себя способным к такому изъяснению, но с той поддержкой, которую оказывает мне опыт, постараюсь я описать способ опустошения. Против этих вышедших из берегов рек бессильна всякая человеческая защита... (С. А., 108 об. b).

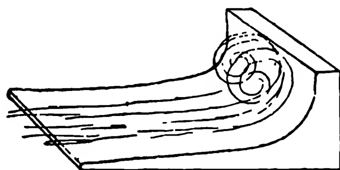
Среди вещей, которых надлежит больше всего бояться людям,— разрушительные наводнения бегущих рек (С. А., 361об. а).

О пользе науки о водах. Много было значительных земель в провинциях, и земли эти, будучи расположены на главных своих реках, оказались размыты и разрушены этими реками. Так было с Вавилонией, пострадавшей от Тигра, по вине Кир ⟨...⟩ и так же было с бесчисленными областями. Наука же о воде дает точное знание о мерах предотвращения этого (С. А., 305 а).

О разъединении силы рек. Если чрезвычайная многоводность рек повреждает и разрушает морские берега, нужно, коль скоро нельзя направить их течение в другие места, разделить их на мелкие ручейки. Сравнение: колокол звучит и слышим на расстоянии 6 миль, а весит 6000 фунтов. 6 миль составляет 18 000 локтей. Но, чтобы не слишком распространяться в рассуждениях, скажу: если ты переделаешь этот колокол в маленькие колокольчики, ты не услышишь его и на $^1/_8$ мили, хотя бы весь металл в этих колокольчиках и звучал одновременно. И если одна веревка выдерживает 100 000 унций, то, после того как ты ее разделишь на 100 000 ниточек, каждая нить не выдержит и $^1/_8$ унции и т. д. в случае всех разъединенных сил [11] (I, 111).



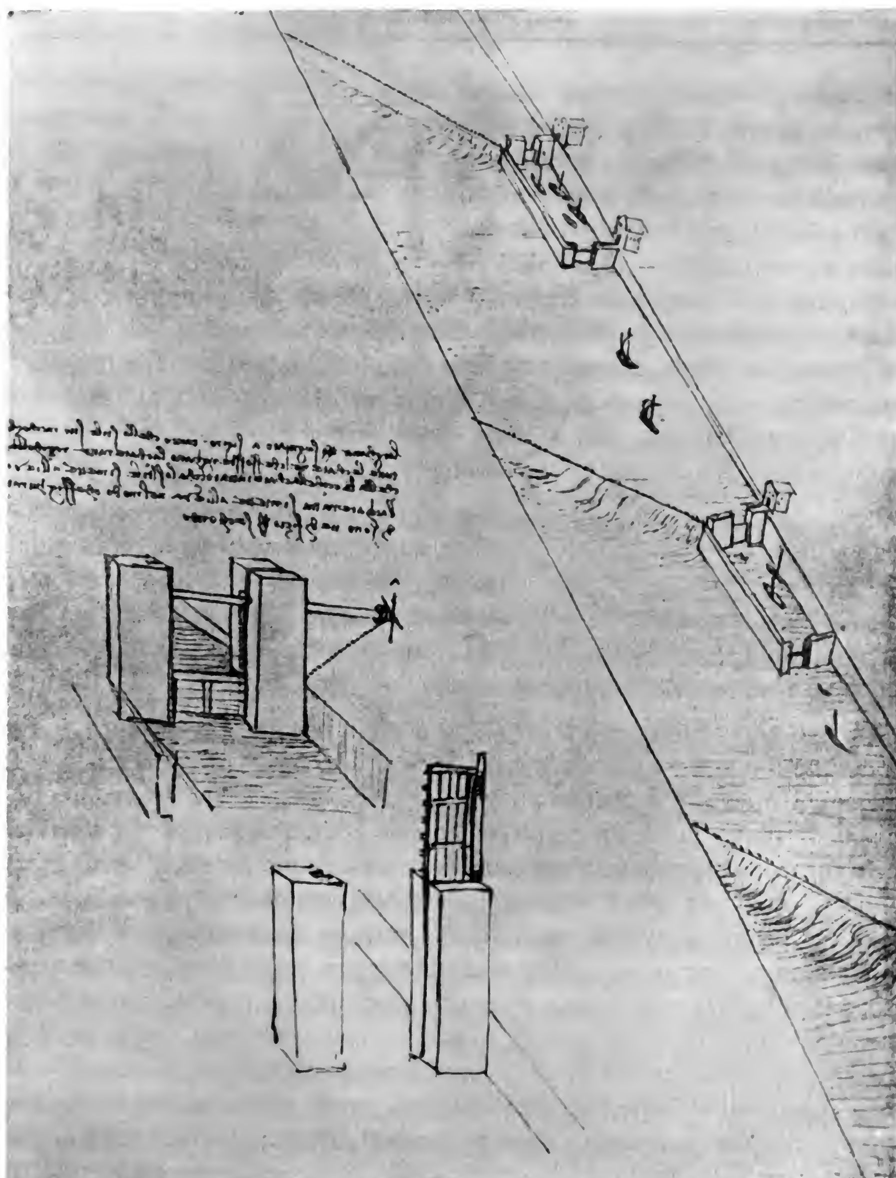
Река, которая должна повернуть из одного места в другое, должна быть завлекаема, а не ожесточаема насильственно; и для этого пусть будет устроен на реке заслон и потом ниже — другой, более выступающий вперед [к середине реки], и так же поступают с третьим, четвертым и пятым, так, чтобы река втекала по отведенному ей каналу и чтобы таким способом она отошла от места, которому угрожает, как сделано было во Фландрии. Сообщено мне Никколо да Форцоре[12] (Leic., 13).



П р е д о х р а н и т ь о т у д а р о в р е к и. Дабы предохранить берег от ударов реки и заставить ее повернуть назад плавным изгибом, нужно сделать берег таким, чтобы падение воды, происходящее при поворотном движении, происходило на эту реку (Т. А. VI, 61).

О с п о с о б е д а в а т ь н а п р а в л е н и е р е к а м с м е д л е н н ы м т е ч е н и е м. Поскольку река чем прямее, тем делается быстрее и сильно размывает и разрушает берег и дно, постольку такие реки приходится сильно расширять или же пускать ее многими излучинами, или делить ее на многие ветви. И если из-за многих излучин река сделалась бы медленной и тинистой, из-за многих своих излучин, ты должен так ее направить, чтобы во́ды получили достаточное движение и не производили разрушения берегов. И если будет вымоина около какого-нибудь берега, такое место должно заполнять плетенкой с хворостом и щебнем, дабы река не размывала этого места при своем движении под берегом и, обрушив его, не должна была бы затем сделать изгиб во владении твоем или вилле и туда направить свое течение (I, 82об.; ср. Т. А., VI, 58).

Ворот, обозначенный буквой *а*, оборачивается до тех пор, пока на его ствол не намотаются все цепи, которые держат затвор



Шлюзы (С. А., 33об. а)

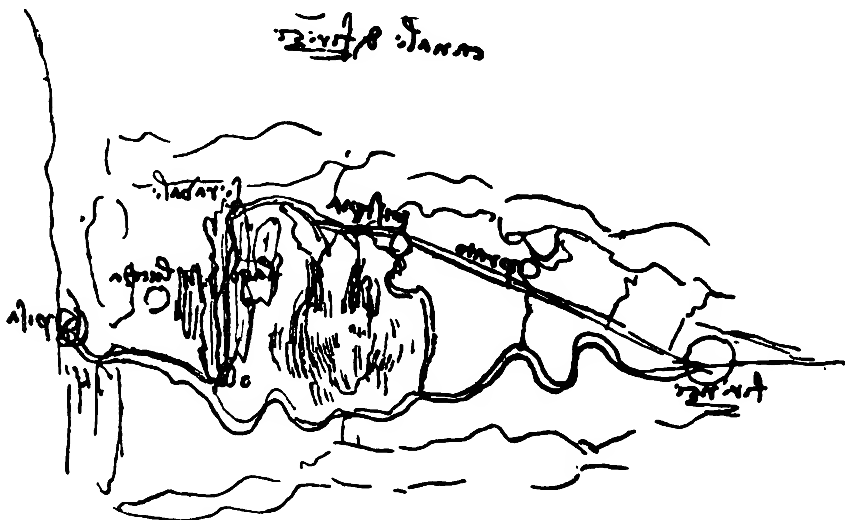
(cataratta). Когда они будут намотаны и затвор придет в соприкосновение со стволом, его ставят стоймя.

Затвор ставят стоймя так, как показано внизу, на втором рисунке сооружения (С. А., 33об. а).

Они не знают, почему Арно никогда не удержится в канале. Потому что реки, в него впадающие, отлагают при своем впадении землю, а с противоположной стороны уносят ее и придают изгиб реке (W, 12279).

Канал Флоренции. Флоренция. Прато. Пистойя. Серравалле. Лаго. Лукка. Пиза.

Сделать в долине Кьяне около Ареццо такие шлюзы (cataratte), чтобы при недостатке летом воды в Арно канал не оставался сухим.



И сделать этот канал шириною на дне в 20 локтей и наверху в 30 и глубиною везде в 2 локтя или 4, ибо 2 из этих локтей пойдут на пользу мельницам и лугам. Это облагодетельствует страну. Прато, Пистойя и Пиза вместе с Флоренцией получат ежегодный доход в 200 000 дукатов и предоставят для этой полезной цели рабочие руки

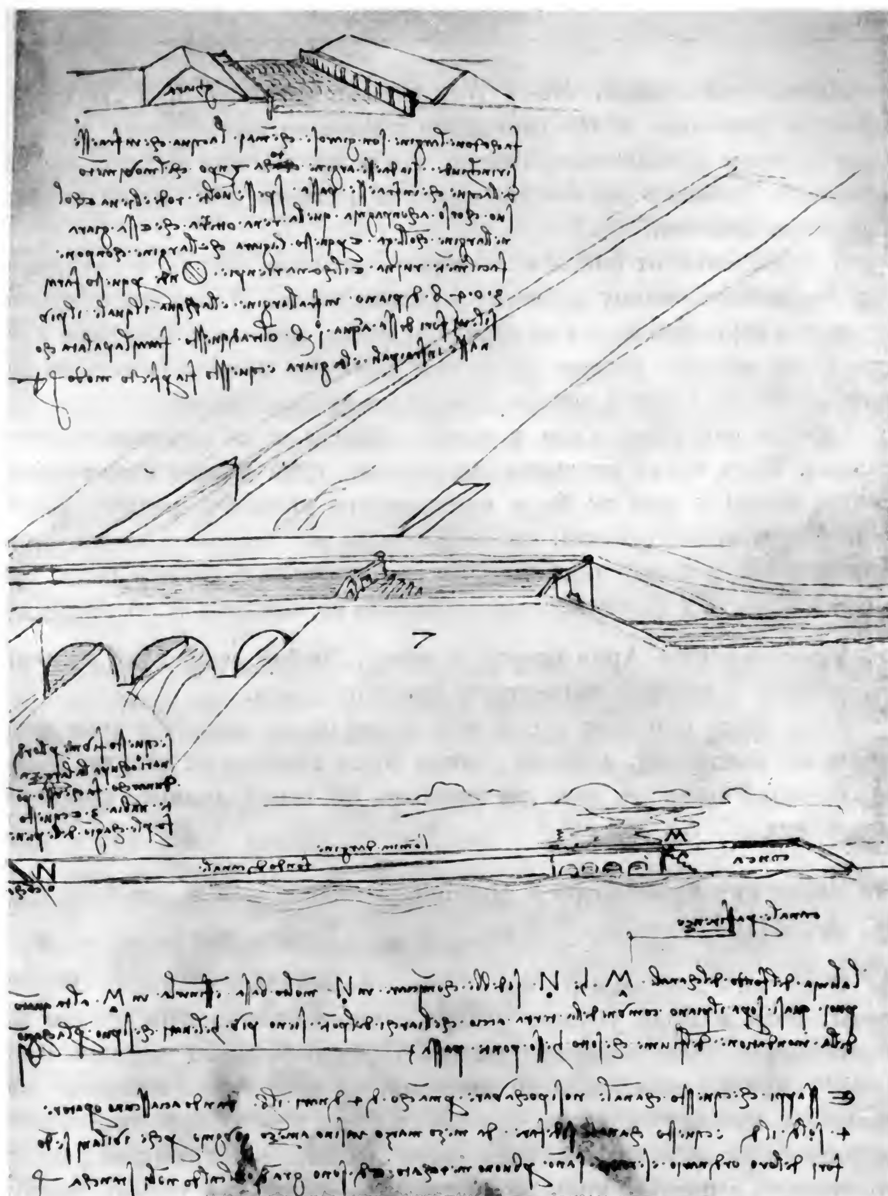
и средства; точно так же и жители Лукки, ибо озеро Сесто станет судоходным. Нужно дать каналу направление через Прато и Пистойю, пересечь Серравалле и предоставить ему стекать в озеро; потому не нужны конхи или шлюзы, которые не только недолговечны, но и всегда требуют забот о приведении их в действие и в исправность.

И знай, что если рыть канал глубиною в 4 локтя, пойдет 4 динара на квадратный локоть, а при двойной глубине пойдет 6 динаров. Если сделать глубину в 4 локтя, будет только 2 откоса, т. е. один с глубины рва до уровня его краев, а другой — от этих краев до вершины насыпи, которая получится из глины на берегу. А если канал будет вдвое большей глубины, эта глина вырастет только на один откос, т. е. на 4 локтя, что удорожает наполовину первый расход, т. е. тот, когда первоначально на 2 откоса шло 4 динара. На три пойдет 6 динаров и 2 динара на откос, если ров будет иметь на дне ширину в 16 локтей. А если ров будет шириною в 16 локтей и глубиною в 4, то на работу пойдет по 4 сольди, по 4 миланских динара за квадратный локоть. Ров, имеющий на дне ширину в 32 локтя, обойдется по 8 динаров за квадратный локоть (С. А., 46 b).

Галька. Там, где берега полны гальки, сделай так, чтобы заключенная между ними вода никогда не приходила с ними в соприкосновение, ибо движение вод, протекающих между берегами, часто вымывает и уносит вместе со своим течением тот песок или ту землю, которая скапливается в этой гальке на берегу, а потому галька, образующая берег, легко обрушивается и заполняет канал. Вот почему ты сделаешь из этих соображений между берегом и водою ровную площадку в 3 или 4 локтя, поднимающуюся над уровнем этой воды самое большее на 1 локоть. Кроме того, ты забьешь ряды свай с досками между этими сваями и галькой, и это будет наилучшей защитой.

Если эта река обыкновенно занимает ширину одного арочного пролета, сделай так, чтобы мост имел их три, и делай это на случай разливов.

Шлюз (conca). Верхняя линия берега. Дно канала. Канал. Канал через *a*. Флоренция [см. нижний рисунок на стр. 397]



Проект моста и канала (С. А., 46об. а)

Линия дна канала, *Ma* и *No*, должна начинаться в *No* очень низко и кончаться в *Ma* насколько возможно выше, почти над общим уровнем земной поверхности, чтобы арки моста находились на возможно большей высоте по причине разлива рек, протекающих под этим мостом.

И знай, что этот канал нельзя рыть дешевле, чем по 4 динара за локоть, давая каждому рабочему 4 сольди в день. И этот канал нужно строить с середины марта до середины июня, так как в это время крестьян, не занятых своими обычными работами, можно нанять за дешевую плату, а дни длинные и жара не изнурительная.

Опасно оставлять суда в шлюзе (conca) и за пределами этого шлюза. Ведь когда открываются дверцы, суда нужно привязывать сзади, чтобы у них не было возможности уплывать вперед, в сторону более низкого места, где падает вода из дверцы. А когда судно оказывается у воды, падающей из этой дверцы в другую воду, она может попасть в барку и, сразу наполнив ее, затопить (С. А., 46об. а).

Урегулировать Арно вверху и внизу. Любой желающий получит сокровище с каждой четвертины (staioro) земли.

Арно здесь образует озеро, ибо он не будет выливать свои воды с той же быстротой, с какой долина Арно вливает их сверху.

И Гольфолина не дает им прохода по своей долине, поросшей деревьями (С. А., 289 е).

Канал св. Христофора в Милане, завершен мая 3 дня 1509 года (С. А., 395).

О канале Мартезаны. Если сделать канал Мартезаны, вода в Адде убудет, распределившись по многим землям на благо лугов. Вот средство: сделать много небольших каналов (fontanili), ибо та вода, которая поглощается почвой, не приносит никому ни пользы, ни вреда,— ведь она ни у кого не отнимается. А когда такие небольшие каналы будут сделаны, вода, которая раньше пропадала в почве, вновь возвратится на службу и пользу людям. И там, где сначала подобные каналы не проведены, там нельзя в бо-

лее низких местах устроить такие же. Следовательно, мы скажем: если такие каналы будут сделаны в Мартезане, то посредством них та же самая вода, напояющая почву лугов, будет дальше направлена на другие луга,— та вода, которая раньше пропадала. А если вода будет [потом] исчезать в песках Адды и в тине, то и тогда крестьяне смогут сделать небольшие каналы, принимая во внимание, что одна и та же вода, впитываемая лугами, несколько раз годится для этой цели (F, 76об.).

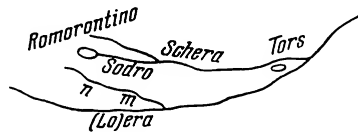
Вот, государь, многие знатные люди поделят между собою эти расходы, оставив в свою пользу доход от воды, мельницы и от сбора с пропускаемых судов. А когда им будут возвращены их суммы, они вернут [вам] канал Мартезаны (Forst. III, 15).

Ни один канал, начинающийся от реки, не будет долговечным, если вода той реки, у которой он берет начало, не будет заперта вся, как это имеет место в канале Мартезаны, начинающемся у Тичино (Leic., 18).

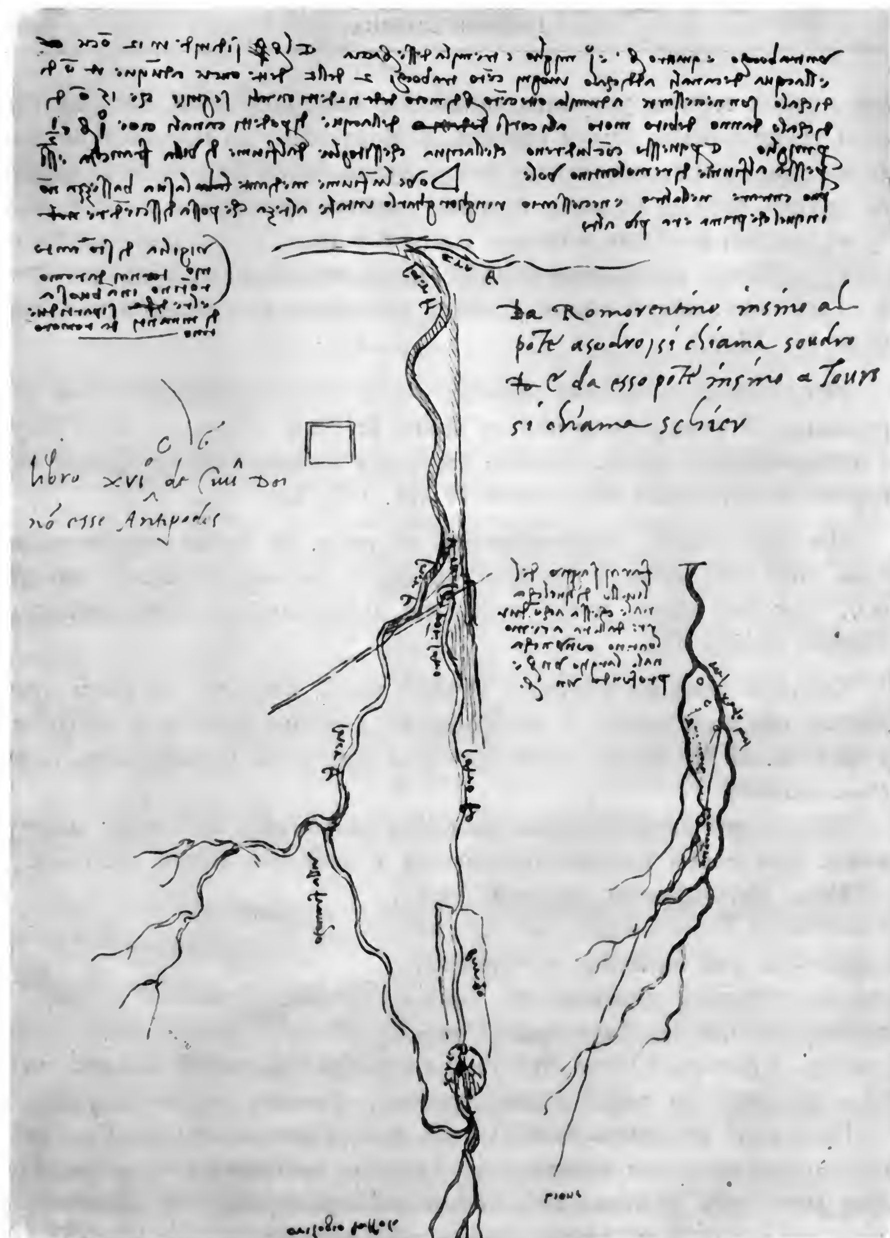
Средняя река не получает мутной воды, которую по рвам отводят за пределы земли, с четырьмя мельницами у входа и четырьмя у выхода. И это будет достигнуто при поднятии уровня воды выше Роморонтена.

Вода будет поднята выше уровня Роморонтена на такую высоту, чтобы при своем падении приводить в действие много мельниц.

Река Вилльфранш должна быть отведена к Роморонтену, что нужно сделать силами жителей; и строевой лес, из которого сделаны их дома, нужно отвезти на барках в Роморонтен. Уровень в реке должен быть поднят до такой высоты, чтобы вода могла по подходящему наклону стекать к Роморонтену.



Если река mn, ветвь реки Луары, станет впадать в реку Роморонтен своими мутными водами, она утучнит орошаемые ею поля, сделает местность плодоносной, способной прокормить ее жителей, и образует судоходный канал, выгодный для торговли (B. M., 270об.).



Страница «Атлантического кодекса» (С. А., 336об. b)

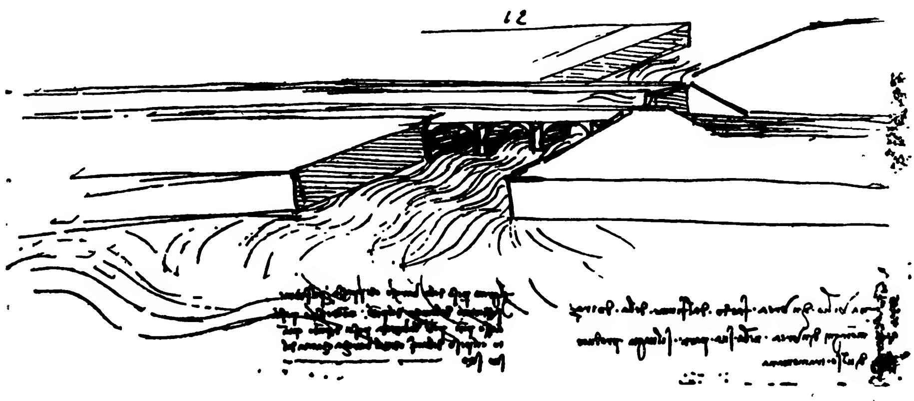
1 трабокко равен 4 локтям, а 1 миля равна 3000 таких локтей. Локоть делится на 12 унций. Вода каналов имеет уклон в 2 указанных унции на 100 трабокко. Стало быть, на 2800 локтей пути по этим каналам приходится уклон в 14 унций. Следовательно, уклон в 15 унций дает должную скорость течения воды в вышеуказанных каналах, т. е. уклон в $1^1/_2$ локтя на 1 милю. На основании этого мы сделаем вывод, что вода, взятая из реки Виллььфранш и отведенная в реку Роморонтен, будет ⟨...⟩.

Там, где одна река, вследствие своего низкого уровня, не может впадать в другую, необходимо запрудить ее, доведя до такой высоты, чтобы она могла ниспадать в ту реку, которая прежде была выше.

В канун святого Антония я вернулся из Роморонтена в Амбуаз, а король выехал из Роморонтена двумя днями раньше.

От Роморонтена до моста Судр река называется Судр, а от этого моста до Тура называется Шер.

Ты произведешь исследование, каков должен быть уровень в канале, имеющем быть проведенным от Луары до Роморонтена, устроив канал в локоть и глубиною в локоть [см. рис. на стр. 400] (С. А., 336об. b).

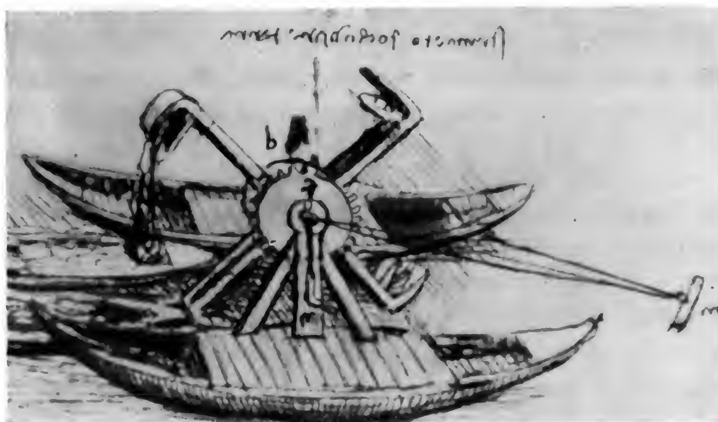


Канал Ивреи, построенный от реки Луары.

Горы Ивреи в их дикой части; они плодоносны на северных склонах.

Большая тяжесть барки, которая плывет по реке, поддерживаемой аркою моста, не увеличивает нагрузку этого моста, так как барка весит ровно столько, сколько вытесненная ею вода (С. А., 211об. а).

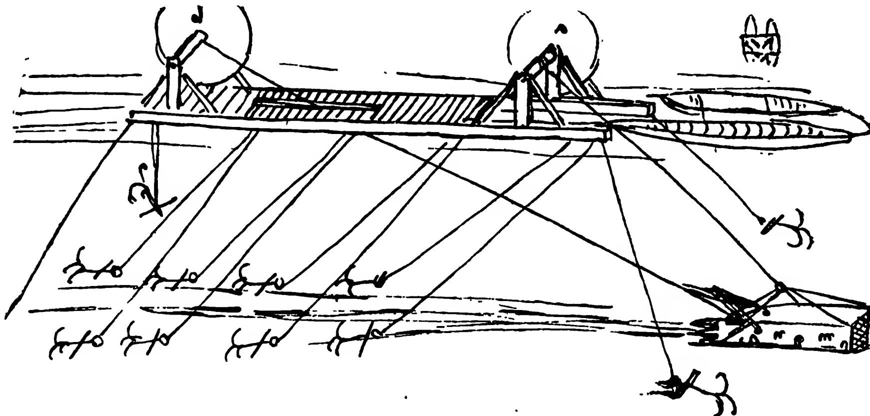
Орудие для копки земли. Расчет мощности здесь теперь не дается, но тебе, читатель, следует понять, что это имеет выгоду, происходящую от сокращения времени,— сокращения вре-



мени, проистекающего из того, что орудие, перемещающее землю снизу вверх, способно перемещать ее, никогда не поворачивая назад. Противник говорит, что в этом случае нужно ворочать и без пользы ходить по кругу столько же, сколько и отодвигать назад при движении вперед. Но даже если промежутки лишнего времени, приходящиеся между временем полезным, одинаковы в этом и всех прочих изобретениях, надобно здесь искать способа, как израсходовать время с возможно более мощным и производительным действием, что означает найти машину, забирающую больше грунта.

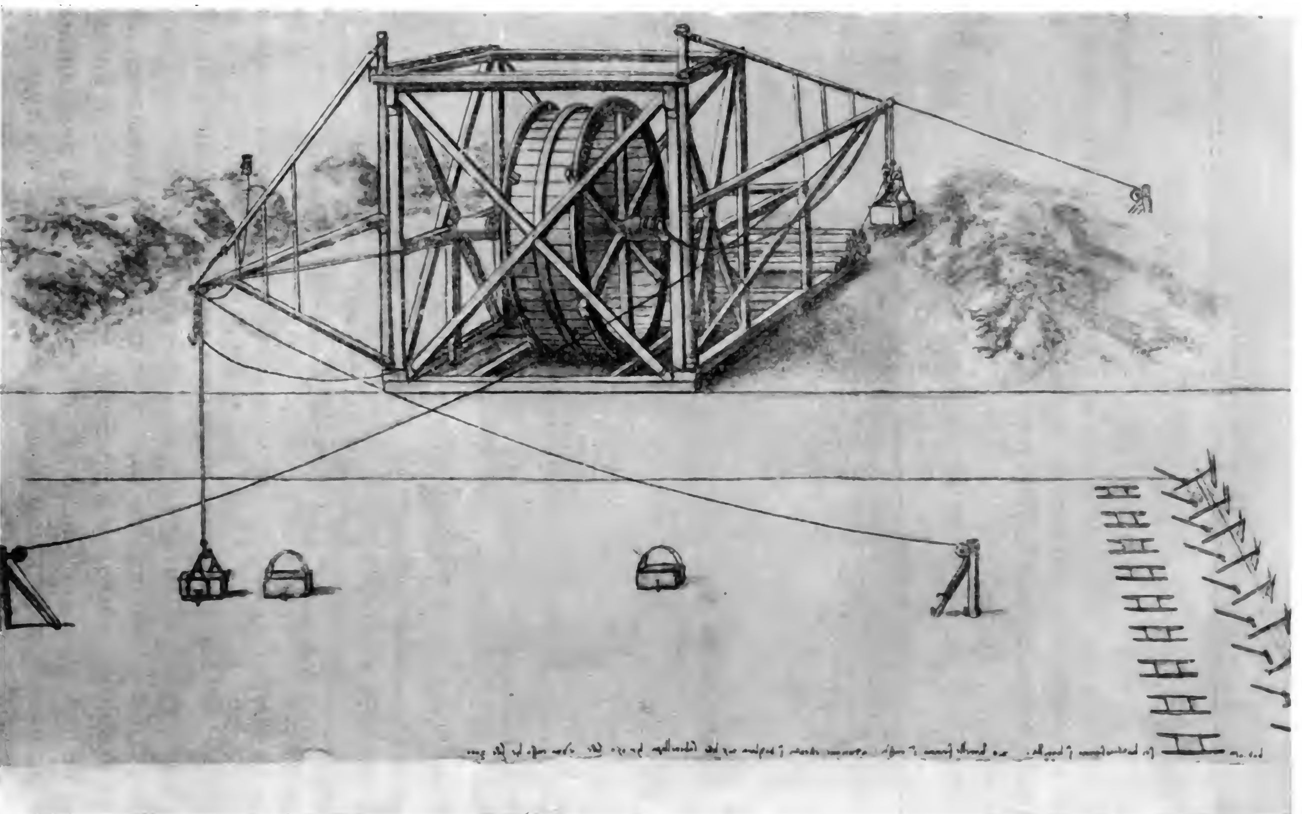
Рукоятка *n* вращает небольшое колесо, и это колесо вращает зубчатое колесо *f*, а это колесо *f* соединено с крестом ящиков, вмещаю-

щих землю болота, выгружаемую в лодки. Обе веревки *m* и *f* наматываются на вал *f* и двигают орудие с обеими лодками в сторону *m* и эти веревки для такой цели весьма полезны. Вал легко может опускаться настолько, насколько нужно опуститься колесу, чтобы углубить воду болота (E, 75об.).

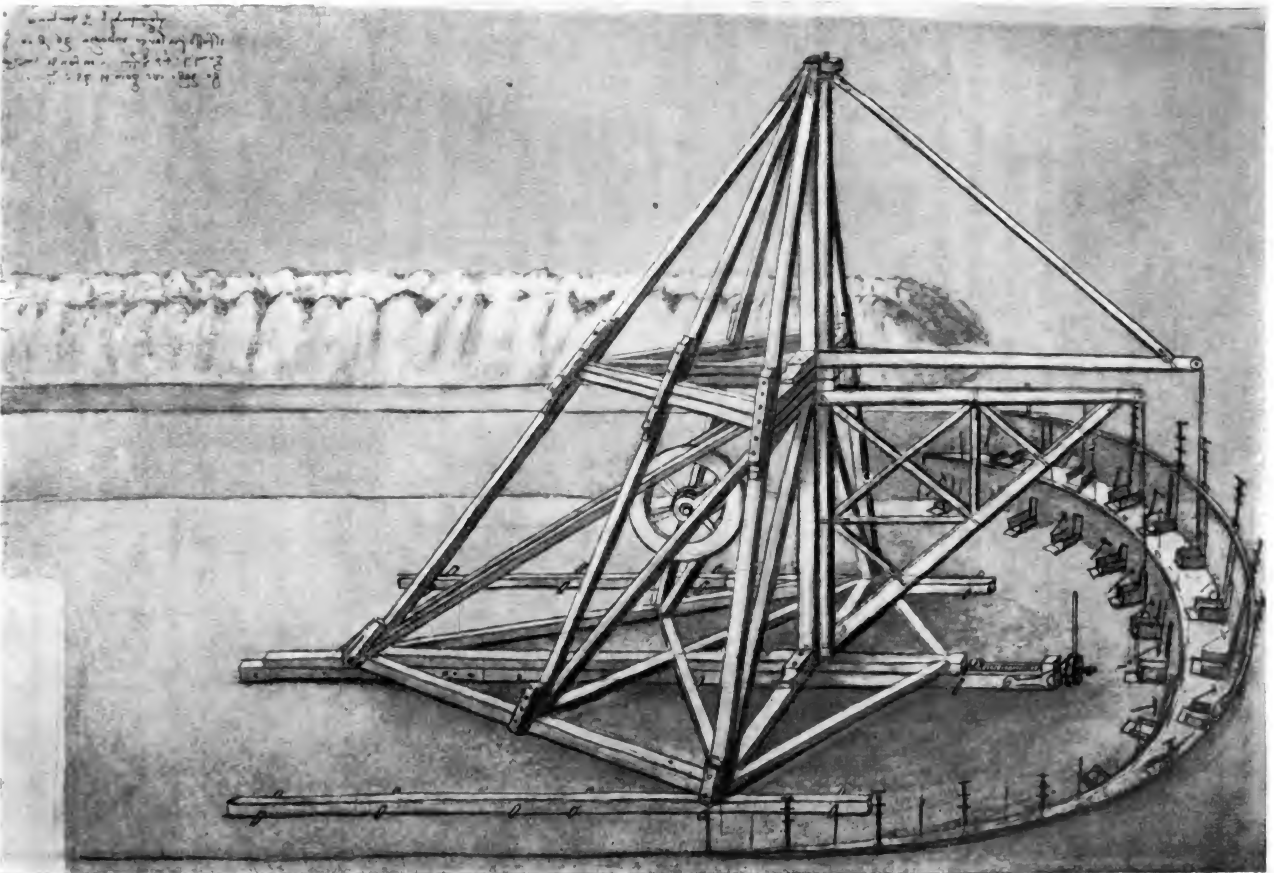




В о т с п о с о б о ч и с т и т ь г а в а н ь. У плуга *mn* спереди будут острия наподобие лемехов и ножей, и это позволяет названному плугу забирать много ила; сзади он будет изрешечен отверстиями, дабы не оставалась вода в этом ящике; и названный плуг можно доставить на барке в то место, где нужно рыть; и когда он попал на дно, то ворот *b* подтянет его под ворот *a*, а названный ворот *a* поднимает его полным вверх к своей оси, так что туда может

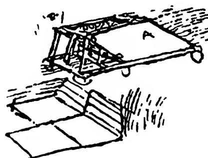


Землечерпалка (С. А, 1об. а)



Землечерпалка (C. A., 1об, b)

подплыть барка и выбрать ил из плуга, дно которого может открываться, выгружая ил в стоящую под ним барку (C. A., 307 b).



А будет ящик, который можно открывать и опорожнять, в котором можно делать отливку из мелкого речного песка и извести. Камни сушат на земле и потом кладут один на другой в воду, чтобы задержать стремительные удары водяных волн (B., 79об.).





ГЕОЛОГИЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ



Наподобие кружащего ветра, который мчится по песчаной пустой долине и в своем стремительном беге гонит к центру все вещи, противящиеся его яростному бегу 〈...〉.

Не иначе как северный аквилон, который опрокидывает своей бурей 〈...〉.

Бурное море не производит столь великого рева, когда северный аквилон вздымает его пенящимися волнами, ни Стромболи или Монджибелло, когда серные огни, заточенные, силою прорываясь и разверзая огромную гору, мечут в воздух камни, землю вместе с извергаемым и изрыгаемым пламенем 〈...〉.

Ни когда раскаленные недра Монджибелло, обратно извергая плохо сдерживаемую стихию, отталкивая ее к ее области, яростно гонят вперед всякое препятствие, становящееся на пути ее стремительного бешенства 〈...〉.

И увлекаемый жадным своим влечением, желая увидеть великое множество разнообразных и странных форм, произведенных искусной природой, блуждая среди темных скал, я подошел ко входу в большую пещеру. На мгновение остановясь перед ней пораженный, не зная, что там, изогнув дугою свой стан и оперев усталую руку о колено, правой я затенил опущенные и прикрытые веки.

И когда, много раз наклоняясь то туда, то сюда, чтобы что-нибудь разглядеть там в глубине, но мешала мне в том великая

темнота, которая там внутри была, пробыл я так некоторое время, внезапно два пробудились во мне чувства — страх и желание; страх — перед грозной и темной пещерой, желание — увидеть, не было ли чудесной какой вещи там в глубине (В. М., 155).

Пример молнии из туч. О могущественное и некогда одушевленное орудие искусной природы, тебе мало твоих великих сил, тебе подобает покинуть спокойную жизнь и повиноваться законам, которые бог и время даровали природе-матери.

Тебе мало ветвистых и могучих крыльев, на которых ты, преследуя свою добычу, грудью рассекала вместе с бурей соленые волны.

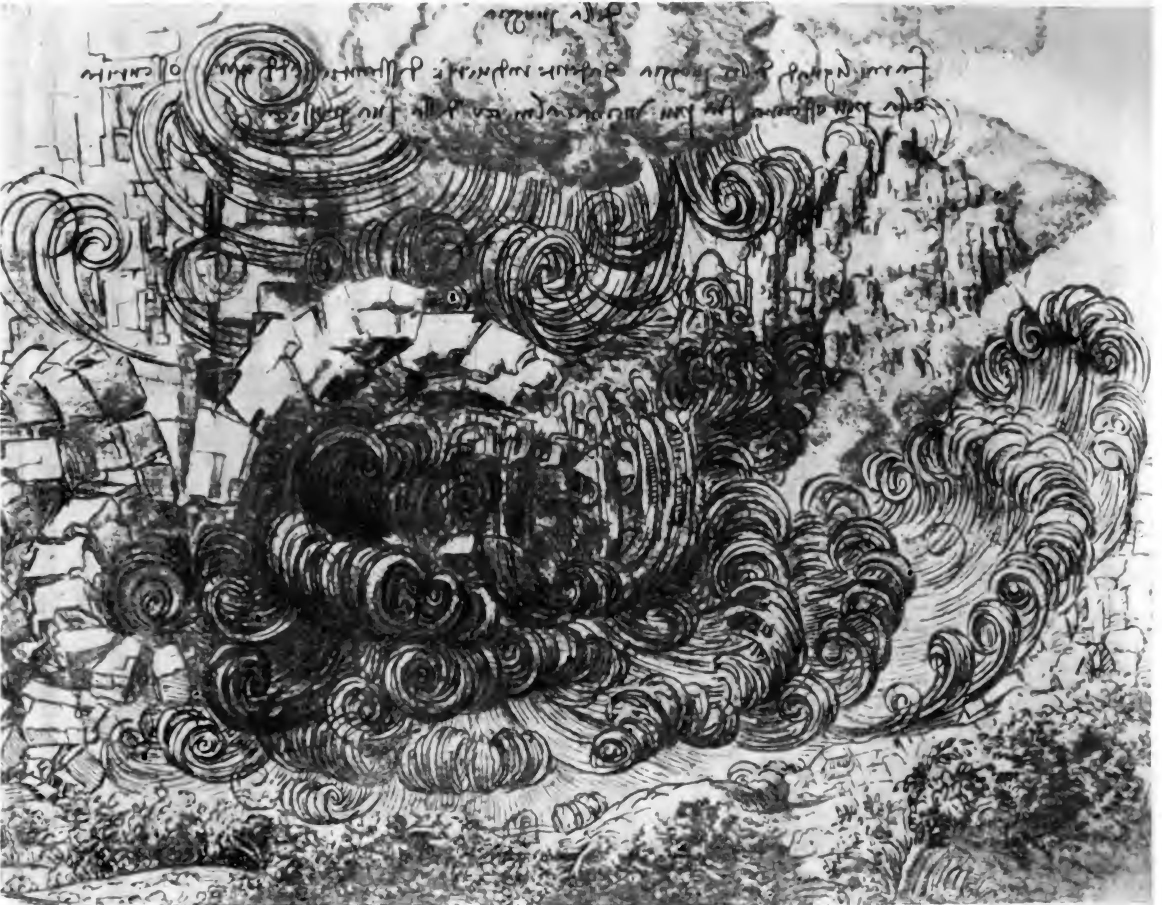
О, сколько раз видимы были испуганные стаи дельфинов и больших тунцов, бегущих от твоей безбожной ярости, и ты, сверкая быстрыми ветвистыми крыльями и раздвоенным хвостом, рождала в море внезапную бурю, с великими крушениями и потоплением кораблей, с большими волнами,— наполняя обнажившиеся прибрежья испуганными и смятенными рыбами, вырывавшимися от тебя и остававшимися после ухода моря на месте — добычей соседних народов, изобильной и богатой.

О время, пожиратель вещей! Вращаясь в самом себе, ты даешь утраченным жизням новые и разнообразные жилища.

О время, быстрый истребитель возникших вещей! Сколько королей, сколько народов ты уничтожило, и сколько государственных переворотов и различных событий произошло с тех пор, как чудесная форма этой рыбы здесь умерла в пещерных и извилистых недрах!

Ныне, разрушенная временем, ты терпеливо лежишь в этом отовсюду замкнутом месте; иссохшим и обнажившимся скелетом ты образовала костяк и подпору расположенной над тобою горе (В. М., 156).

Судя по двум рядам раковин, нужно сказать, что сначала земля от возмущения погрузилась в море, образовав первый слой, а затем потоп образовал второй (В. М., 160об.).



Потоп (W., 12380)

Об ископаемых животных

В этом твоем произведении ты должен прежде всего показать, что раковины, находящиеся на высоте в тысячу локтей, не были туда занесены потопом, ибо мы их видим на одном и том же уровне, а много гор поднимется выше этого уровня. И нужно поставить вопрос, произошел ли потоп от дождя или от переполнения моря, а потом показать, что ни под влиянием дождей, увеличивающих количество воды в реках, ни посредством вздутия моря раковины, как вещи тяжелые, не могли быть пригнаны морем на горы и не могли быть увлечены реками против течения их вод (Leic., 3).

Поскольку вещи гораздо древнее письменности, неудивительно, если в наши дни нет письменных свидетельств о том, что названные моря покрывали столько стран. А если все же какое писание и существовало когда-нибудь,— войны, пожары, наводнения, перемены в языках и законах истребили все древности. С нас, однако, достаточно тех свидетельств, которые мы имеем от вещей, возникших в соленой воде и находимых на высоких горах, вдали от нынешних морей (Leic., 31).

Заставь показать тебе, где находятся раковины на Монте-Марио (С. А., 92об. с).

О потопе и морских раковинах. Если ты скажешь, что раковины встречаются в наше время в пределах Италии далеко от морей на такой высоте по причине потопа, который их здесь оставил, то я отвечу тебе, поскольку ты веришь, что воды потопа превзошли высочайшую гору на 7 локтей, как написал тот, кто эту высоту вымерил: такие ракушки, которые всегда живут возле морских берегов, должны были бы остаться на самом верху этих гор, а не так близко к их подножию, и не везде на одинаковой высоте, и не слой за слоем.

И если ты скажешь, что такие ракушки стремятся остаться у морского прибрежья и что при подъеме воды на такую высоту ракушки покинули свое первоначальное местопребывание, следуя за

прибывающей водой до самого высокого ее уровня, то на это ответ гласит, что ракушка — животное, обладающее движением не более быстрым, чем улитка вне воды, и даже несколько более медлительное, ибо ракушка не плавает, а делает борозду в песке и при помощи краев этой борозды, на которую опирается, пройдет за день от 3 до 4 локтей. Следовательно, двигаясь так медленно, она не пройдет от Адриатического моря до Монферрато в Ломбардии — расстояние в 250 миль в 40 дней, как сказал тот, кто исчислил это время.

И если ты скажешь, что волны занесли их туда, то ведь эти животные из-за своей тяжести не могут держаться иначе как на дне. А если ты мне и этого не уступишь, согласись по крайней мере, что они должны были бы остаться на вершинах самых высоких гор и в заключенных меж гор озерах, каковы Лаго ди Ларио, Маджоре, Комо, Фьезоле, Перуджиа и подобные им.

Вода смежных морей образует водную сферу, которая имеет центр мира в качестве центра своей поверхности, но не в качестве центра своей тяжести, потому что во многих местах она большой глубины, а во многих — незначительной; вот почему, не будучи однородной по толщине, она не однородна и по весу. Но так как та вещь более высока, которая более удалена от центра мира, то подобная поверхность, будучи неподвижной, не сможет нигде иметь одну часть выше другой, ведь более высокая часть воды всегда стремится заполнить собою часть, лежащую ниже.

Если, как говорят, потоп прошел по горам нашего полушария, то он, без сомнения, образовал бóльшую тяжесть на нашей обитаемой стороне, нежели на стороне антиподов, и, следовательно, приблизил ее к центру Земли больше, чем была она раньше; а противоположную часть более отдалил от этого центра, почему названный потоп затопил более, чем затопил бы, если бы не придал такой тяжести на нашей стороне [1].

И если ты скажешь, что раковины были носимы волнами, будучи пусты и мертвы, то я скажу, что там, куда попали мертвые, они не отделены от живых и что в названных горах обретаются только живые, которых мы распознаем по парным створкам, и они находятся

в ряду, где нет ни одной мертвой. Немного же выше встречаются места, куда волны выбросили всех мертвых, с раскрытыми створками, и это около тех мест, где реки низвергались в море на большую глубину.

Таков Арно, который падал с Гольфолины близ Монтелупо и оставил там гальку; эта галька и теперь еще видна; она уплотнилась и образовала из камней разных стран, природы, цветов и твердости единый конгломерат. Немного далее песчаный конгломерат превратился в туф,— там, где река поворачивала в сторону Кастель Фиорентино. Еще дальше отложился ил, в котором жили ракушки и который наслаивался рядами, по мере того как потоки мутного Арно изливались в это море. И постепенно поднималось дно моря, рядами выводя на свет эти раковины, как видно это в лощине Гонцолийского холма, который размыт рекой Арно, подтачивающей его подножие; в этой лощине ясно видны вышеназванные ряды раковин в голубоватом иле, и там же находятся и разные другие вещи из моря.

И суша нашего полушария поднялась настолько выше обычного, насколько она облегчилась от воды, ушедшей от нее по лощине Кальпе и Абила. И поднялась еще настолько же, потому что вес воды, которой она лишилась, прибавился к весу земли другого полушария.

И если бы раковины были носимы мутным потопом, то они, разлученные друг от друга, смешались бы в иле и не расположились бы последовательными рядами и слоями, как мы это видим в настоящее время (Leic., 8об.).

О тех, кто говорит, будто раковины в давнее время порождены вдали от моря природою местоположения и небес, сообщающею и изливающею в таком месте способность к подобного рода созиданию животных. Им следует ответить, что такое влияние, порождающее животных, действуя по одной единственной линии, породило бы животных одинакового вида и возраста, а не старое вместе с молодым, и одних со створками, а других без крышки, одно — ломаное, а другое — целое, и одно — наполненное морским песком и обломками раковин, малыми и великими, внутри других целых, оставшихся там

раскрытыми. И не клещи крабов без остатков их тела, и не ракушек других видов, приставших к ним в виде животного, по ним двигавшегося, так как остается еще след его пути на их крышке, которую некогда оно проело, двигаясь наподобие червя в балке. Среди них не находили бы костей и зубов рыб, которых некоторые называют стрелами, а другие — змеиными языками. И не нашлось бы столько членов разнородных животных, соединенных вместе, если бы они не были заброшены сюда с морских берегов.

И потоп не мог бы их сюда занести, потому что вещи более тяжелые, чем вода, не плавают поверх воды, и названные вещи не оказались бы на такой высоте, если бы не были туда занесены, плавая на воде, что из-за тяжести их невозможно.

Там, где долины не получали соленых вод моря, там и раковины никогда не видны, как это ясно можно наблюдать в большой долине Арно выше Гольфолины — скалы, в древности соединенной с Монте-Альбано в форме высочайшего вала, который держал запруженной эту реку, так что, прежде чем излиться ей в море, находившееся внизу у подножия этой скалы, она образовала два бо́льших озера. Первое из них там, где ныне мы видим цветущий город Флоренцию с Прато и Пистойею; от этого вала дальше тянулся Монте-Альбано до того места, где ныне расположена Серравалле. От Валь д'Арно вверх до Ареццо образовалось второе озеро, изливавшее в первое названное свои воды и заканчивавшееся примерно там, где мы видим ныне Джироне. Оно занимало всю названную долину Арно вверх, на протяжении 40 миль длины. Эта долина принимает на свое дно всю землю, приносимую замутненною водою; такую землю можно еще видеть у подножия Прато Маньо, лежащую толстым слоем, там, где реки еще ее не размыли. В этой земле видны глубокие лощины рек, которые протекали здесь и которые спускаются с большой горы Прато Маньо. И в этих лощинах следа не видно раковин или морской земли. Озеро это соединялось с озером Перуджии.

Много раковин видно там, где реки изливаются в море, потому что в таких местах воды не столь солоны из-за примеси пресных вод, с которыми они соединяются. И след того виден там, где некогда



Карта Ареццо и окрестностей (С. А. 336)

Апеннинские горы изливали свои реки в Адриатическое море. Здесь во многих случаях среди гор обнаруживается большое количество раковин вместе с синеватой морской почвой; все каменные глыбы, добываемые в таких местах, полны раковин. То же самое, как видно, сделал Арно, падая с Гольфолинской скалы в море, находившееся под нею не так уж низко, ибо в те времена оно по высоте превосходило Сан Миниато аль Тедеско, поскольку на вершинах этой горы видны берега, полные ракушек и устриц, замкнувшихся внутри своих стен. Ракушки не распространялись в сторону Валь ди Ньеволе, так как пресные воды Арно не простирались дотуда.

Почему ракушки не были отторгнуты от моря потопом? Воды, шедшие с суши, хотя и не притягивали моря к суше, все же именно они взбаламучивали его дно, ибо вода, идущая с суши, имеет большее течение, нежели вода моря, и, следовательно, имеет бо́льшую силу,— она втекает под воду моря, передвигает дно и захватывает с собою все способные к движению предметы, которые там находит. Таковы и вышеупомянутые раковины и другие подобные предметы. И насколько вода, приходящая с суши, мутнее воды моря, настолько оказывается она более сильной и тяжелой, чем последняя. Я не вижу поэтому способа, каким названные ракушки могли бы быть унесены до такой степени вглубь материка, если бы они там не родились.

Если ты мне скажешь, что река Луара, протекающая по Франции, покрывает при морском приливе более восьмидесяти миль земли, так как то место — исключительно ровное и море поднимается там примерно на 20 локтей, и что раковины находимы на этой равнине на 80 миль от моря, то я тебе отвечу, что в наших средиземных морях прилив и отлив не составляют такой большой разницы, поскольку в Генуе между ними нет разницы никакой, в Венеции — незначительная, в Африке — незначительная, а где различие мало, там и вода мало заливает земли.

Всегда поток воды в реках разливается выше того места, где встречает помеху своему течению, а также около тех мест, где вода стесняется, проходя под арками мостов (Leic., 9).

Опровержение тех, кто говорит, что ракушки были занесены на много дней пути от моря по причине потопа. Я утверждаю, что потоп не мог занести рожденные морем вещи на горы, разве только некогда море, вздувшись, произвело разливы столь высокие, что они превзошли подобную высоту, дойдя до мест, указанных нами. Но такое вздутие случиться не может, потому что тогда образовалась бы пустота. И если бы ты сказал, что эту пустоту заполняет воздух, то мы ведь уже пришли к заключению, что тяжелое не может держаться выше легкого. Отсюда необходимо заключить, что потоп этот был вызван дождевой водой. А если так, то все эти воды должны течь к морю, а не море к горам. И если они текут к морю, то сносят ракушки с берега в море, а не влекут их к себе. И если бы ты сказал, что море, поднявшись от дождевых вод, перенесло эти раковины на такую высоту, то мы уже сказали, что вещи тяжелее воды на ней не плавают, но остаются на дне, откуда не сдвигаются иначе, как под ударом волн. И если ты скажешь, что на столь высокие места занесли их волны, то мы доказали, что на большой глубине волны поворачивают на дне в сторону противоположную по сравнению с движением наверху, как обнаруживается на помутнении моря от земли, отторгаемой у берегов.

Предмет, более легкий, чем вода, движется вместе с ее волною и оставляется самой высокой волной на самом высоком месте берега. Предмет, более тяжелый, чем вода, движется, будучи толкаем волною, находящейся около поверхности его дна. На основе этих двух заключений, которые в надлежащих местах будут доказаны подробно, мы заключаем, что волна, находящаяся на поверхности, не может переносить ракушек, поскольку они тяжелее воды. Следовательно, их должна будет толкать нижняя волна, когда ветер дует с суши. Ведь когда ветер дует с суши, волна на морской глубине движется навстречу течению ветра, господствующего в это время. Однако и это не переместит ракушки на горы, ибо вода на глубине, движущаяся навстречу течению ветра, будет во столько раз медленнее, чем волна на поверхности, во сколько раз ее глубина больше по

сравнению с высотою верхней волны. Это очевидно, ибо если волна на поверхности имеет высоту в локоть, а от этой волны вниз находится сто локтей воды, то, без сомнения, нижняя волна будет в сто раз медленнее, чем верхняя. Верхняя волна будет поворачивать назад на дне с такой же силой только в том случае, если глубина воды, находящейся под этой волной, равна высоте этой волны. Маленькая волна, которая на больших водных поверхностях идет против течения ветра, никогда не пройдет по водному дну, т. е. не коснется его, наоборот, соприкоснется с волной на поверхности. Я утверждаю, что движение воды будет переменчиво от поверхности до дна так же, как переменчиво движение на поверхности между двух берегов. В самом деле, если одна треть ширины реки движется к западу, то другая треть будет двигаться к востоку, а остальная часть опять к западу; и если бы там оказалась еще такая же часть, то она опять повернула бы к востоку. Течения рек у берегов будут тем медленнее, чем они дальше от главного потока.

О трении воды, когда одна ее часть движется быстрее, чем другая,— разделена ли такая вода непосредственно, т. е. сливаются ли границы таких вод, или же одна вода уносит сзади другую, т. е. более быстрая вода уносит с собой менее быструю? Я утверждаю, что нет. Ибо если такая вода уносила бы с собою больше воды, чем обычно, то при долгом пути она возросла бы в количестве настолько, что стала бы уносить с собою всю воду реки.

О том, что устрицы чрезвычайно редко попадаются мертвыми у морских берегов. Причина та, что по большей части они прикрепляются к скалам на дне морей, и движением обладает только одна их створка тонкая и легкая; другая — неподвижно прикреплена к скале. А если эта створка не прикреплена, то природа увеличивает ее тяжесть настолько, что небольшим течениям на пространном дне морей не легко сдвинуть устрицу с ее места. Стало быть, подвижная створка устрицы весьма легка, играя роль ту же, что крышка ящика. И когда устрица ест, пища сама навещает ее; таковы некоторые маленькие животные, которые кормятся около мертвых устричных раковин. Иначе

говоря, там, где такие животные живут, там находят и множество раковин мертвых устриц.

Если бы потоп должен был перенести раковины на 300 или 400 миль от моря, он перенес бы перемешанные друг с другом разные породы, друг на друга нагроможденные; между тем на таких расстояниях мы видим, что и устрицы все вместе, и ракушки, и каракатицы; и все другие ракушки, которые живут вместе сообществами, все вместе находимы мертвыми, а одинокие — друг от друга врозь, как видим мы их всякий день на морском побережье. И если мы находим устриц вместе, огромными семьями, среди которых ты видишь таких, у которых створки еще сомкнуты, это значит, что море оставило их здесь еще живыми, когда прорезан был пролив Гибралтара.

Встречается в горах Пармы и Пьяченцы множество ракушек и кораллов, продырявленных и прилепленных к скалам. Когда я делал большого миланского коня, мне был принесен в мою мастерскую некими крестьянами целый большой мешок их, найденных в этой местности; среди них много было сохранившихся в первоначальной добротности.

Под землею и в глубоких пустотах каменоломен находят обработанные деревянные балки, уже почерневшие. Такие балки были в мое время найдены в каменоломне Кастель Фиорентино и туда они углубились еще раньше, чем ил, извергаемый из Арно в море, когда-то покрывавшее эту местность, отложился на такой высоте, и раньше, чем равнины Касентино понизились до такой степени, благодаря земле, которую Арно непрерывно оттуда уносит.

В Ломбардской Канлии, около Алессандрии делла Палья, при рытье для мессера Гуальтьери ди Кандиа колодца был найден нос огромнейшего корабля, под землей, на глубине приблизительно локтей в десять. И так как дерево было черное и прекрасное, мессеру Гуальтьери было угодно расширить устье колодца так, чтобы очертания корабля открылись.

Находят в горах Вероны красный камень, весь перемешанный с обратившимися в этот камень раковинами, которые своим соком

пропитали материю этого камня. И в некоторых местах такие раковины остались обособленными от прочей массы окружающего их камня, потому что их оболочка залегла между, не дав ему сомкнуться. А в некоторых других частях такая масса превратила в камни старые и поврежденные оболочки.

И если бы ты сказал, что такие ракушки созданы и создаются непрерывно в подобных местах природою местоположения и небес, проявляющих здесь свое влияние, такое мнение принадлежит мозгам не слишком большого разума, ибо здесь можно сосчитать по оболочкам раковин годы их роста. И можно видеть малые и большие ракушки, которые не росли без пищи и не питались без движения, тогда как здесь они двигаться не могли (Leic., 9об.).

О том, что в слоях, между одним и другим, можно еще найти следы движения дождевых червей (lombrici), которые двигались по ним, когда они еще не высохли. О том, что всякий морской ил еще сохраняет раковины и что раковины окаменели вместе с илом.

О глупости и простоте тех, кто хочет думать, что такие животные были занесены потопом в места, далекие от моря. О том, что другая секта невежд утверждает, что природа или небеса создали их в таких местах посредством небесных влияний, как будто в таких местах не встречается костей рыб, выраставших в течение долгого времени, и как будто по створкам моллюсков (nichi) и улиток (lumache) нельзя сосчитать годы или месяцы их жизни так же, как это можно сделать по рогам быков и баранов и по ветвям растений, которые никогда нигде не подрезались. Доказав это и убедившись с очевидностью в продолжительности их жизни, необходимо признать, что такие животные не могут жить без движения, связанного с поисками их пищи, и у них не видно органа, помогающего им проникать в землю или камень, в которых они заключены. И каким образом можно было бы находить в крупной улитке осколки и части многих других видов моллюсков разнообразных пород, если бы она не была уже мертвой на морских берегах, и эти остатки не были бы заброшены внутрь ее волнами моря, подобно другим мелким вещам, которые оно

выбрасывает на сушу? Почему находят столько осколков и целых ракушек в каждом слое камня, как не потому, что эти слои уже на берегу были покрыты новой землей, отлагаемой морем и позднее обратившейся в камень? И если вышеназванный потоп занес их в эти места из моря, ты нашел бы эти раковины на границе одного единственного слоя, а не на границе многих. Далее следует подсчитать зимы тех годов, в продолжение которых море умножало слои наносов песка и ила, отторгаемых им из соседних рек и отлагаемых на своих берегах. И если ты пожелал бы сказать, что несколько потопов было способно создать такие слои и раковины внутри них, то тебе пришлось бы утверждать, что по одному такому потопу бывало ежегодно. Кроме того, по обломкам живых раковин приходится предполагать, что в этом месте был берег моря,— там, где все раковины брошены разломанные и разрозненные и никогда не сомкнутые так, как это бывает у живых моллюсков в море, с двумя створками, прикрывающими друг друга. Обломки находят на берегу реки и на морском прибрежье, а внутри камней находят отдельные, с сомкнутыми створками,— это те, которые были оставлены морем заживо погребенные в иле; ил впоследствии высох и со временем обратился в камень (Leic., 10).

И если бы ты пожелал сказать, что потоп перенес эти раковины на сотни миль от моря, то это случиться не может, ибо этот потоп произошел по причине дождей. Ведь обыкновенно дожди гонят реки вместе с уносимыми ими предметами к морю и не увлекают к горам мертвые вещи с морских берегов.

А если бы ты сказал, что после дождей вóды потопа поднялись выше гор, ответ гласит: движение моря навстречу течению рек было столь медленным, что оно не могло бы держать на поверхности предметы более тяжелые, чем морская вода; а если бы и могло, то после успокоения море оставило бы их рассеянными в разных местах.

И как мы объясним тогда кораллы, которые ежедневно находят у Монте-Феррато в Ломбардии, словно источенные червями,— кораллы, прикрепленные к открытым скалистым берегам рек. Эти

скалы все покрыты группами и семействами устриц, каковые, как мы знаем, не движутся и всегда прикреплены одной из створок к утесу, открывая другую, чтобы питаться мелкими, плавающими в воде животными, которые, полагая, что они найдут хороший корм, становятся пищей указанного моллюска.

Разве не находят там песок, смешанный с морскими водорослями, обратившийся в камень после того, как переносившие его водоросли стали попадать в эти места в меньшем количестве? Река По ежедневно показывает нам это в обломках своих берегов.

В Алессандрии делла Палья в Ломбардии нет известкового камня, который не был бы смешан с бесчисленными порождениями моря; между тем она удалена теперь от моря более чем на 200 миль (Leic., 10об.).

Теперь ты должен показать, что ракушки (почти все их виды) рождаются только в соленой воде и что ракушки в Ломбардии расположены на четырех уровнях. И так должно случаться со всеми, которые появлялись в разные времена. И их находят во всех долинах, выходящих к морям (Leic., 36).

Слои, или пласты камней не доходят до уровня, расположенного значительно ниже подножия гор. Эти подножия состоят из горшечной глины, полной раковин. Но и они не спускаются слишком низко,— туда, где находится обыкновенная глина, как можно это видеть в реках, вытекающих с Апеннинских гор и протекающих по Марке и Романье (Leic., 36).

О животных, у которых кости находятся снаружи, каковы ракушки, улитки, устрицы, «бычки» (bovoli) и т. п., виды коих бесчисленны. Когда разливы рек, замутненных тонким илом, отлагали его на животных, живших под водою по соседству морских берегов, то эти животные оставались запечатленными в подобном иле; и находившимся довольно глубоко под большой тяжестью этого ила неизбежно было умереть, за отсутствием животных, которыми они обычно питались. И с течением времени, при опускании моря, когда

соленые воды стекли, такой ил превратился в камень, и створки этих раковин с уже истребившимися в них животными, вместо последних, заполнились илом. И так, при превращении в камень всего окружающего ила, и тот ил, что оставался внутри приоткрытых створок раковин, благодаря этой разомкнутости соприкасаясь с прочим илом, превращался в камень. И так осталась корка этих ракушек между двух камней, т. е. между тем, который их окружал, и тем, который был заключен внутри; такие камни еще встречаются во многих местах. И почти все окаменевшие ракушки еще имеют в скалах гор свою естественную корку, в особенности ту, которая была настолько старой, что могла сохраниться из-за своей твердости; а молодые, обратившиеся в известь, в значительной части пропитались вяжущей и камнетворной влагой.

О ракушках, запечатленных и окаменевших, но сохранивших в очертаниях своих поверхностей очертания своей коры.

О рыбьих костях, находимых в окаменелых рыбах. Все животные, кости которых заключены внутри их кожуры и которые оказались покрыты илом разлившихся рек, вышедших из обычного своего русла, оказались тотчас же запечатлены в этом иле. И со временем, когда русла рек понизились, эти животные, запечатленные и заключенные в иле, истребившем их мясо и внутренности, причем одни только кости сохранили свое расположение, эти животные упали на дно впадины своего отпечатка. Когда ил, благодаря поднятию своему над течением рек, высох, его водянистая влага закрыла все здесь находящееся и заполнила собой все пустоты. Встречая впадину отпечатка подобных животных, она просачивается к ней по тем мельчайшим порам земли, по которым находившийся внутри воздух выходит сбоку, ибо вверх он выйти не может, поскольку подобные поры заняты влагою, опускающеюся в это пустое пространство, а вниз выйти не может, поскольку влага, уже опустившаяся, закрыла поры снизу. Открытыми остаются боковые части, откуда такой воздух, уплотняемый и сжимаемый опускающейся влагой, устремляется столь же медленно, сколь медленно опускается самая влага. И так, высохши, подобная

влага становится легким камнем и сохраняет форму животного, оставившего здесь свой отпечаток, а внутри него остаются кости.

Раковины и их необходимая форма. Дом ракушек... Животное, которое обитает в раковине, создает себе жилище посредством связок (giunture), перемычек (commessure), покровов (coperchi) и других мелких частей, подобно тому как человек создает дом, в котором живет. И это животное наращивает слоями дом и крышку соответственно росту своего тела; и прикрепление его находится на боках створок, поэтому гладкая и деликатная поверхность створок в том месте, где примыкает эта часть обитающего в них животного, оказывается несколько пятнистой, образует неровную вогнутость, способную принять то сочетание мускулов, посредством которых животное уходит внутрь, когда хочет спрятаться в своем доме.

Когда природа приступает к образованию камней, она порождает качество вяжущей влаги. Эта влага, высыхая, застывает со всем тем, что в ней находится, не превращая его в камень, но сохраняя внутри в том виде, в каком она его нашла. И потому листья находят цельными внутри скал, образованных у подножия гор, со смешением различных пород, так, как их оставили разливы рек, происходившие в осеннюю пору. Там затем ил последующих разливов покрыл их, и этот ил соединился потом с вышеназванной влагой и превратился в камень, наслоившийся рядами в соответствии рядам этого ила.

О раковинах на горах. И если ты пожелаешь сказать, что раковины произведены природой в этих горах посредством созвездий, то каким образом удастся тебе показать, что такое созвездие производит раковины разной величины, различного возраста и разных видов в одном и том же месте? И как ты мне объяснишь песок, застывший слоями на различной высоте гор, коль скоро он происходит из различных местностей, песок, принесенный туда из различных стран течением рек; этот песок не что иное, как куски камня, утратившие свои углы от того долгого перебрасывания, от тех различных толчков и падений, которые они испытывали под

воздействием водных потоков, принесших их в это место. Как ты истолкуешь огромное число разнообразных видов листьев, застывших на высоких перевалах таких гор, и водоросли, морскую траву, перемешанную с песком и раковинами? И ты увидишь также все окаменелости наряду с морскими крабами, разбитыми на куски, отдельно или вперемежку с этими раковинами (F, 79—80).

О море, изменяющем вес Земли. Ракушки, устрицы и другие подобные животные, которые родятся в морском иле, свидетельствуют нам о перемещении Земли около центра наших стихий[2]. Доказывается этот так. Главные реки всегда текут мутными от земли, которую они поднимают при трении их вод о дно и берега. И такой размыв обнажает лицевую сторону рядов, образованных в пластах этих раковин, которые находятся на поверхности морского ила и которые зародились здесь, когда их покрывали соленые воды. Ряды эти постепенно покрывались илом разной плотности, приносимым к морю реками при разливах различной мощности; и так эти раковины оставались замурованными и мертвыми под илом, отложившимся на такую высоту, что дно выступило на воздух. Теперь это дно находится на такой высоте, что превратилось в холмы или высокие горы, а реки, размывающие склоны этих гор, обнажают слои раковин. И таким образом облегченная сторона Земли беспрерывно поднимается, а антиподы все более приближаются к центру мира, и былое дно моря стало вершиною гор (E, 40об.).

О перегное

Примеры и доказательства роста земли. Возьми сосуд и наполни его чистой землей и поставь на крышу: увидишь, что немедленно же начнут прорастать в нем густо зеленеющие травы и, возросши, производить различные семена; и когда дети опять упадут к ногам своих старых матерей, ты увидишь, что травы, произведя свои семена, засохли и, упав на землю, в короткий срок обратились в нее и дали ей приращение; затем увидишь ты, что рож-

денные семена совершат тот же круг, и всегда будешь видеть, как народившиеся, совершив естественный свой круг, дадут земле приращение, умирая и разлагаясь; и если бы ты дал пройти десяти годам и измерил прирост земли, ты мог бы увидеть, насколько вообще прибыла земля, и увидел бы, умножая, насколько выросла за тысячу лет земля мира. Некоторые могли бы сказать, что пример названного сосуда недостаточен для приведенного доказательства, поскольку бывает, что в эти сосуды для пользы ожидаемых цветов часто подбавляется новая и тучная земля,— по причине уплотнения грунта. И отвечаю тебе, что земля, туда положенная, не может, из-за примешанных тучностей и перегноя различных вещей, почитаться землей чистой; примешанные вещи, при своем гниении теряющие частично свою форму, превращаются в тучные и питательные влаги пустивших корни и посаженных растений, и это — причина, которая заставляет тебя думать, что земля пропадает; и если б ты дал там умирать родившимся травам и возрождаться их семенам, ты увидел бы ее рост с течением времени.

И разве ты не видишь на высоких горах стены древних разрушенных городов, захватываемые и сокрываемые растущей землей?

И разве не было случаев, когда на скалистых вершинах гор живой камень, возрастая на протяжении долгого времени, поглотил прильнувшую колонну, и она, вырытая и извлеченная острым железом, запечатлела в живой скале очертания своих канеллюр? (С. А., 265 а).

О водной сфере и перемещении центра Земли

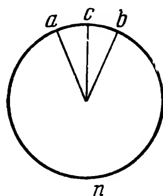
Форма стихий. О форме стихий и прежде всего против отрицающих мнение Платона и утверждающих, что если б эти стихии облекали одна другую, имея форму, допускаемую Платоном, то они производили бы пустоту друг меж друга, что неверно,— и здесь я это доказываю; но этому нужно предпослать некое заключение. Нет необходимости, чтобы одна из стихий, облекающая другую, была одинаковой толщины во всей своей массе между частью

облекающею и облекаемою. Мы видим, что сфера воды — явно разной толщины от поверхности своей до дна; и хотя бы она не облекала землю кубической формы, т. е. восьмиугольной, как хочет Платон, она облекает землю, имеющую бесчисленные углы утесов, покрытые водою, и различные выпуклости и впадины,— а пустота между водою и землею не возникает. Также и воздух облекает сферу воды вместе с горами и долинами, над этою сферою возвышающимися,— и пустоты между землею и воздухом не остается, и если бы кто сказал, что пустота создается, то это было бы печальное заблуждение.

Платону же ответ гласит, что поверхности форм, которые должны были бы иметь полагаемые им стихии, существовать не могли бы.

Всякая стихия подвижная и жидкая необходимо имеет поверхность сферическую (F, 27).

Доказательство, что сфера воды совершенно кругла. Вода сама собою не движется, если только не опускается, и в случае, если она движется сама собою, следует, что она опускается. Никакая часть водной сферы не может двигаться сама собою, будучи окружена водою одинаковой высоты, которая ее объемлет, и ни с какой стороны не может она над нею подняться. Здесь на полях дается тому доказательство: пусть будет *abn* — сфера воды, *abc* — известная часть воды, окруженная и заключенная водою *ab*; я утверждаю, на основании ранее сделанных выводов, что вода *c* двигаться не будет, так как она не будет находить места, куда ей опуститься; по определению круга, *a* и *b* удалены от центра мира настолько же, насколько *c*, следовательно, *c* останется неподвижным (F, 82об.; ср. Т. А., I, 5).

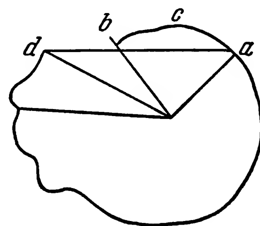


В капле росы, вполне округленной, можно наблюдать много разнообразных случаев деятельности водной сферы: как она заключает внутри себя тело Земли, не нарушая сферичности своей поверхности. Прежде всего пусть будет взят свинцовый кубик, величиною с просяное зерно, и на очень тонкой нитке, на которой он подвешен,

пусть затем он будет погружен внутрь такой капли; окажется, что такая капля не потеряет первоначальной своей шаровидности, хотя и возрастет на величину в ней заключенного кубика (F, 62об.; ср. Т. А., I, 14).

О центре Океана-моря. Центр водной сферы есть истинный центр округлости нашего мира, образующего шар из воды и земли. Но если бы ты захотел найти центр стихии земли, то он окажется на одинаковом расстоянии не от поверхности земли, а от поверхности Океана-моря, ибо очевидно, что только та часть земного шара имеет совершенную округлость, где находится море или болота, или другие стоячие воды, и всякая часть суши, которая выходит наружу из моря, удаляется от этого центра (А, 58об.; ср. Т. А., I, 9).

О некоторых, кто говорит, что вода выше суши. Конечно, немало удивления вызывает во мне общераспространенный взгляд, противоречащий истине и основанный на всеобщем согласии человеческих суждений, а именно: все согласны, что поверхность моря выше, чем самые высокие вершины гор. В пользу этого приводят много пустых и ребяческих доводов, против которых я приведу лишь один простой и краткий. Мы ясно видим, что если удалить преграды морю, то оно покроет землю и придаст ей совершенную шаровидность. Теперь подумай, сколько земли нужно удалить, чтобы морские волны покрыли мир,— стало быть, то, что нужно удалить, выше, чем морские берега (А, 58об.; ср. Т. А., I, 20).



О море, которое многим простакам кажется более высоким, чем суша, образующая его берег. Никакая часть земли, свободная от вод, никогда не окажется естественным образом ниже, чем поверхность водной сферы. Пусть *db* — равнина, по которой река течет к морю; указанная равнина имеет своим пределом это море, и потому в действительности эта суша не занимает горизонтального положения — будь так, река

не обладала бы движением. А поскольку она движется, эту местность скорее можно назвать низким берегом (spiaggia), чем равниной. Следовательно, равнина *db* граничит со средой воды так, что, если продолжить ее по прямой *ba*, точка *a* придется ниже уровня моря. Вот почему и кажется, что море *acb* выше, чем суша (F, 73; ср. Т. А., I, 19).

Прилив и отлив моря непрерывно движет землю со всеми стихиями от центра этих стихий. Доказывается 1-м (положением) настоящей (книги), которое гласило: «Центр мира считается с тем, что больше его, ибо нет ни одной вогнутости меньше, чем он».

Центр мира сам по себе неподвижен; но место, в котором он находится [3], всегда в движении по различным направлениям. У центра мира постоянно меняется место, и из изменений этих одно имеет более медленное движение, чем другое, поскольку одно меняется каждые шесть часов, а другое совершается в течение многих тысяч лет. Движение шестичасовое возникает от прилива и отлива моря, а другое происходит от размыва гор движением вод, порождаемых дождями и непрестанным течением рек. Меняется место в отношении центра мира, а не центр меняет место, потому что такой центр неподвижен, а его место постоянно движется прямолинейным движением и никогда подобное движение криволинейным быть не могло бы (С. А., 102 b; ср. Т. А., I, 30).

...Общий центр не меняет положения, поскольку сфера огня не движется; но центр земли и центр воды находятся в состоянии непрерывного перемещения относительно этого общего центра.

Центр воздуха также не тот же самый, ибо часть воздуха, граничащая с землей, образует столько впадин, сколько существует выступов земли, выходящей наружу за пределы водной сферы, а та часть воздуха, которая граничит и соединяется со сферой огня, сохраняет более совершенную сферичность, чем там, где она граничит с землей. Вместе с тем эта верхняя сферическая поверхность воздуха располагается отвесно под орбитой Солнца, а так как воздух обладает влажностью, то тепло Солнца вместе со стихией огня притягивает

ввысь воздух, смешанный с влагой, находящейся под ним, и поднимает его в виде горы, так что воздух ни в одной своей крайней точке не находится на одинаковом расстоянии от центра.

Что касается верхней части огненной сферы, то она имеет единственный центр, отстоящий везде на одинаковое расстояние от нее, ибо там нет влажной материи, которая могла бы там держаться и по своей грубости могла бы сохраниться без разрушения ее огнем; вот почему, не претерпевая изменений, эта верхняя часть остается устойчивой и неизменной, сохраняя по каждой прямой одинаковое расстояние до центра. Это — тот центр, который находится посреди всех центров остальных трех элементов, и его мы назовем всеобщим центром, а прочие, находящиеся около, мы назовем центрами в широком значении (abusive), поскольку вода, находясь вместе с землею, мешает ее нахождению в самом центре Земли.

Также и водная сфера не имеет везде одинаковую толщину и одинаковую округлость, ибо, даже если бы она имела вокруг своего центра одинаковый вес,она не имела бы одинаковые расстояния до центра, поскольку южная часть сферы жарче, а потому легче и отстоит дальше от своего центра, чем часть северная, более плотная и тяжелая[4].

Общий центр и центр Земли — не одно и то же, наоборот, они весьма несходны и различны по природе, ибо общий центр не движется, поскольку не меняется положение воздуха и огня, а центр Земли неустойчив и находится в непрерывном изменении, поскольку он меняется всякий раз, когда ветры уносят воды моря, заливая волнами или обнажая разные берега. Вот почему, при отнятии тяжести у одной стороны Земли и переносе ее на другую, где такой тяжести меньше, центр становится более удаленным, а при новом возрастании тяжести центр приближается; таким образом, при всяком изменении веса вод над их дном изменяется и положение центра Земли относительно общего центра. И если бы возможно было удалить Землю из ее места и оттащить в сторону так, чтобы общий центр оказался значительно вне Земли, то при бросании камня в воздухе, находящемся между общим центром и центром Земли, нет сомнения, конечно, что этот камень упал бы к общему центру по кратчайшему пути.

Центр вселенной не является центром ни одной стихии, ибо непрерывные перемены и разнообразные случайности, порождаемые непрерывными небесными влияниями, вынуждают эти стихии непрерывно менять свое положение. Вот почему Земля, в значительной своей части одетая сферой воды, образует одно тело с этой водой и подобно шару висит в воздухе. И центр водной сферы не есть центр ее тяжести, и центр ее тяжести не есть центр тяжести Земли, но значительно удален от нее; вот почему поверхность водной сферы не находится на одинаковом расстоянии от ее центра, ни от людей, которые лежат на дне моря (С. А., 153об. а).

Нет необходимости, чтобы общий центр находился в Земле в большей мере, чем в воде или воздухе, ибо этот центр не ее центр, а центр воздуха и огня. Ведь если бы он был центром Земли, он никогда не менял бы своего места в Земле, к чему часто понуждает его необходимость, а всегда при всех своих изменениях Земля перемещала бы этот центр вместе с собой, наподобие того как она перемещает центр своей собственной тяжести. Но этот центр пребывает в середине указанных стихий, один, без места [без протяжения] (С. А., 153об. b).

Всегда поверхность водной сферы удаляется от центра мира. Это происходит от земли, которую приносят разливы мутных рек; они разгружают земляные частицы своей мути на морском побережье и отодвигают берег моря, а кроме того, поднимают речное дно. Вот почему по необходимости поверхность водной стихии повышается.

Центр мира постоянно меняет свое положение в теле Земли, устремляясь в сторону нашего полушария. Это доказывается вышеупомянутой землей, которая непрерывно захватывается со склонов или откосов гор и уносится к морю; и чем больше ее оттуда уходит, тем легче она делает часть земного шара по сю сторону, а следовательно, тем больше тяжести прибавляет она там, где подобная земля отлагается морскими волнами. Следовательно, необходимо, чтобы центр мира изменял свое положение (L, 13об.).

Та часть поверхности любого тяжелого тела наиболее удалится от его центра тяжести, которая станет наиболее легкой. Следова-

тельно, Земля, та стихия, в которой реки смывают со склонов гор почву и уносят ее к морю, является тем местом, откуда удаляется тяжесть; вот почему она станет легче, а следовательно, станет и более удаленной от центра тяжести Земли, т. е. от центра вселенной, который всегда совпадает с центром тяжести Земли (L, 17).

Перемещение центра тяжести Земли порождается перемещением земли, переносимой водами туда, где ее не было, и там она тяжесть увеличила, а откуда удалилась — уменьшила. Это ясно видно из того, что реки всегда несут с собою землю, которая их замутняет, вплоть до моря, где затем вода, отложив землю, проясняется; такое странствие совершила вся земля, ушедшая из горных долин и речных русл. Та часть Земли более отдалилась от центра мира, которая сделалась более легкой, и та часть Земли сделалась более легкой, по которой прошло большее скопление вод. И, следовательно, более легкой сделалась та часть, откуда вытекает большее число рек, каковы Альпы, которые отделяют Германию и Францию от Италии и в которых берет начало Рона к югу и Рейн к северу, Дунай, или Даной,— к северо-востоку и По — к востоку, с бесчисленными реками, которые в них впадают и которые всегда текут мутными из-за земли, приносимой ими к морю.

Постоянно движутся морские берега по направлению к середине моря и гонят его с первоначального места. Самая низкая часть Средиземного моря сохранится в качестве русла и течения Нила, величайшей реки, впадающей в это море. И с ним сольются все реки в виде его притоков, раньше изливавшие свои воды в это море, как это видно на примере По с его притоками, которые впадали раньше в море, заключенное между Апеннинами и Германскими Альпами и соединенное с Адриатическим морем.

О том, что Французские Альпы — самая высокая часть Европы. О том, что северные подножия некоторых Альп еще не обратились в камень; это ясно видно там, где прорезающие их реки текут на север и прорезают на высотах гор слои живого камня; там, где реки попадают на равнины, там такие слои целиком состоят из горшечной

глины, как это видно в Валь ди Ламона,— в реке Ламоне, вытекающей с Апеннинской горы, и где на ее берегах происходит то, что было указано. О том, что реки рассекли и разделили друг от друга части больших хребтов; это ясно показывает порядок слоистых камней,— от вершины горы вплоть до реки видно соответствие слоев на том и другом берегу. О том, что слои камня в горах все образованы рядами отложений ила, расположившихся друг над другом вследствие разливов рек. О том, что различная толщина слоев камня обусловлена разницей в разливе рек, т. е. разливами бóльшими или меньшими (Leic., 10).

Море под экватором поднимается действием теплоты Солнца, и оно приходит в движение в каждой части холма (т. е. той части воды, которая поднимается) для того, чтобы выровнять и восстановить совершенство своей сферы (F, 70 об.; ср. Т. А., I, 29).

В какую бы сторону ни перемещалась Земля, никогда поверхность воды не выйдет за границы водной сферы, но всегда останется равно отстоящей от центра мира.

При предположении, что Земля удалилась из центра мира, что сталось бы с водою?

Она осталась бы около этого центра, причем толщина ее слоя везде была бы одинаковой, но диаметр стал бы меньше по сравнению с тем, когда внутри ее тела находилась Земля (F, 22об.).

Сомнение. Здесь возникает одно сомнение, а именно: потоп, происшедший во времена Ноя, был ли всеобщим или нет?— и здесь будет показано, что нет, по причинам, которые будут приведены. В библии читаем, что названный потоп был следствием непрерывного всеобщего дождя, продолжавшегося 40 дней и 40 ночей и что этот дождь поднял воду на 6 локтей выше самой высокой горы мира. Если действительно дождь был всеобщим, то он придал бы нашей Земле вид сферы, а на сферической поверхности каждая ее часть одинаково удалена от центра соответствующей ей сферы; поэтому, если сфера воды находилась в подобном состоянии, то было невозможно, чтобы вода

на ней двигалась,— ведь вода сама по себе не движется, если только не стекает вниз. Потому, как сошла бы вода подобного потопа, если здесь доказано, что у нее не было движения? А если она сошла, как же она двигалась, если не опускалась? Здесь естественные причины отсутствуют, потому, чтобы разрешить такие сомнения, необходимо призвать на помощь чудо, если только не сказать, что эта вода испарилась от жара Солнца (С. А., 155 b).

О мире. Все тяжелое тяготеет книзу и высокое не пребудет на высоте своей, но все спустится со временем вниз, и так мир со временем станет сферичным, и, следовательно, все будет покрыто водою и подземные жилы пребудут без движения (F, 84; ср. Т. А., I, 25).

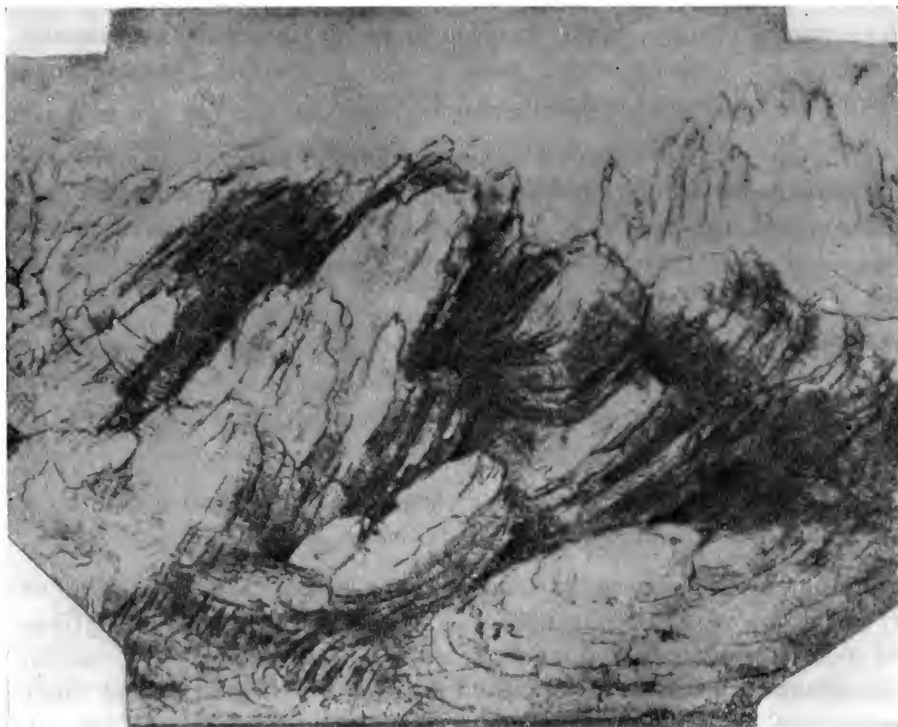
О воде, изменяющей лик Земли

Вода — возница природы, она изменяет почву и несет к ⟨...⟩ большую часть ⟨...⟩ удваивает ⟨...⟩ (К, 2).

Горы создаются течением рек; горы разрушаются дождями и реками (С. А., 160об. а).

Камни (sassi) залегают слоями или рядами, в зависимости от стремительности движения примесей, уносимых течением рек. Камней нет там, где не было моря или озера... Жилы камней — трещины, образовавшиеся в слоях, когда они высыхали и теряли влагу; такие расщелины заполнялись тогда тонкой материей... (С. А., 160об. а).

О том, почему долины раньше в значительной части были покрыты озерами. И не потому ли, что земля долин всегда образовала высокую преграду рекам и морям? Эти озера впоследствии, при упорной работе рек, питаемых водою горных высот, рассекли горы, и реки уничтожили своими кочующими течениями высокие равнины, окаймленные горами. Такие размывы в горах ясно видны по слоям камней, которые соответствуют друг другу в своих разрезах, образованных вышесказанными течениями рек (Leic., 1об.).



Горный пейзаж (W, 12394)

Во всякой впадине горных вершин всегда можно найти изгибы (piegamenti) каменных слоев (В. М., 30об).

Почему реки всегда втекают в соленые воды, будучи замутнены тонким илом, и почему на морских берегах всегда находится сухой и грубый песок? Почему кости больших рыб, устрицы, кораллы, различные ракушки и улитки находимы на высоких вершинах приморских гор, совершенно так же как их находят там, где море мелко? О том, как песок отлагается в устьях рек. О том, каким образом при различных ветрах округлость песчаных гор, покрытых морской водой, меняет положение, очертания, число и величину. О том, как морские берега непрерывно наращивают землю в направлении к середине моря. О том, как морские утесы и мысы непрерывно разрушаются и уничтожаются. О том, как Средиземноморье откроет свое дно воздуху, единственно сохранив русло для большой реки, сюда впадающей, которая потечет в Океан и там будет изливать свои воды вместе с водами всех рек, являющихся ее притоками (Leic., 20).

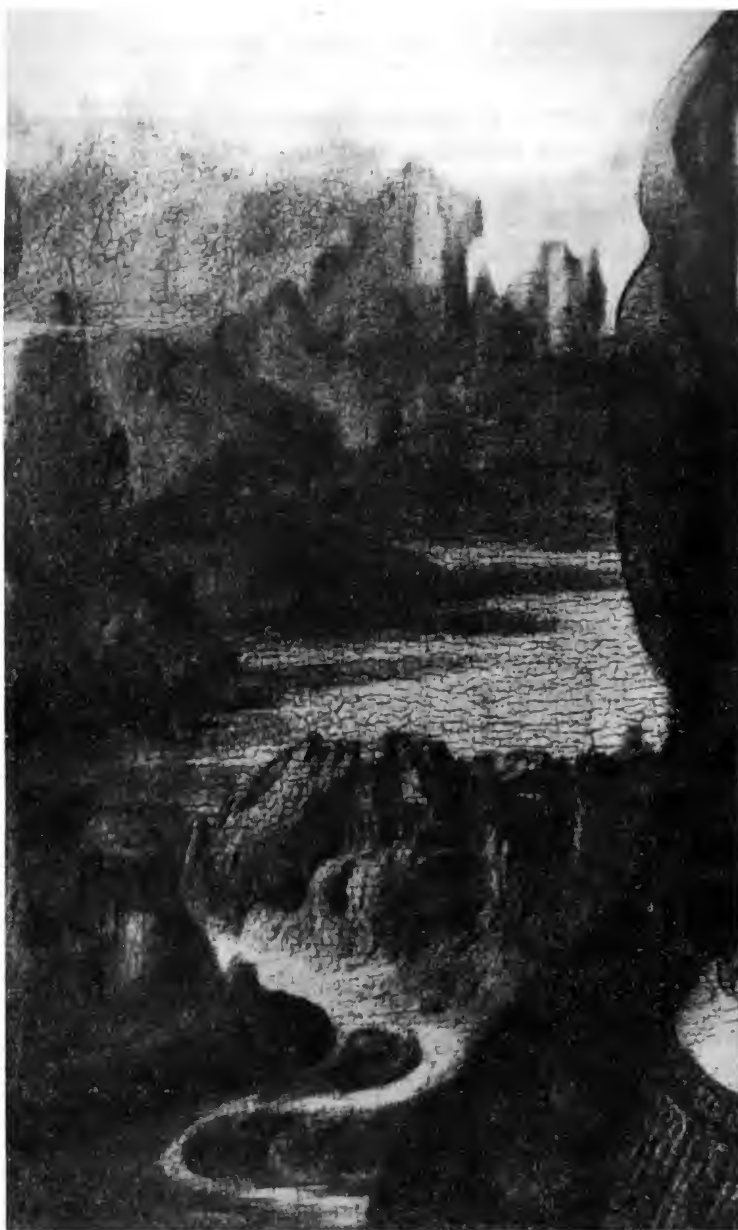
О море, которое опоясывает землю. Я нашел, что лик Земли в былое время был весь покрыт на равнинах солеными водами, и горы, кости Земли, стоя на своих широких основаниях, проникали и возвышались в воздух, будучи покрыты большим и глубоким слоем земли. Затем многочисленные дожди, разливы рек и частые наводнения частично разрушили высокие вершины этих гор; и после того, как разливы покинули это место, покрытое землей, скала оказалась окруженной воздухом, а земля унесена оттуда. И земля спустилась с горных склонов и высоких вершин к подножиям гор, повысив дно морей, омывавших эти подножия; она стала открытой равниной, а затем, в некоторых местах, на далекое расстояние отогнала моря (С. А., 126об. b).

Вершины гор на протяжении долгого времени всегда повышаются; противоположные склоны гор всегда сближаются; глубина долин, находящихся выше водной сферы, приближается на протяжении

долгого времени к центру мира. Долины углубляются за одинаковый промежуток времени гораздо больше, нежели повышаются горы. Основания гор всегда становятся более узкими. Чем более углубляется долина, тем более и тем в более короткий срок размываются берега (L, 76).

Река[5], что выходит с гор, отлагает в своем песчаном русле большое количество крупных камней, которые еще сохраняют часть своих углов и ребер; и в своем течении она уносит более мелкие камни с более стертыми углами, т. е. бóльшие камни делает меньшими; и ниже откладывает крупную гальку, а затем мелкую, потом идет крупный песок, а за ним мелкий, после чего следует грубый ил, за ним — более тонкий. И так продолжая, вливает она в море воду, мутную от песка и ила; песок отлагается на морском берегу при отходе соленых волн, а далее следует ил такой тонкости, которая кажется равной природе воды; этот ил на морском берегу не остается и уходит из-за своей легкости с отступающей волной, ибо, образовавшись из перегнивших листьев и других очень легких вещей, он таков, что, по сказанному, имеет почти природу воды; затем в затишье он отлагается и остается на дне моря, где из-за своей тонкости уплотняется и противостоит, благодаря своей гладкости, проходящим над ним волнам. И здесь находят раковины, и это — белая глина для выделки горшков (Leic., 6об.).

Все потоки вод, от горы до моря, уносят с собой в это море крупные камни горы. При разливе морских вод в сторону гор эти камни были отбрасываемы обратно к горе, а при отходном движении морских вод эти камни уходили вместе с морем. При этом углы их ударялись друг о друга и как часть наименее стойкая при ударе уничтожались, образуя камни без углов, круглой формы, что можно видеть на берегах [острова] Эльбы. И те камни оставались более крупными, которые были менее удалены от места своего рождения; наоборот, тот камень становился мельче, который удалялся больше, превращаясь в мелкую гальку, а затем в песок и, наконец, в ил. После того как море отошло от указанных гор, соленая влага, оставленная



Деталь «Джоконды» (Париж, Лувр)

им, образовала вместе с влагою земли конгломерат из гальки и песка, так что галька обратилась в камень, а песок в туф. Пример этому можно видеть в Адде, у истоков ее в горах Комо, и в Тичино, Адидже, Ольо и Адриано, вытекающих с Германских Альп. Сходное— в Арно, у Монте-Альбано, около Монте-Лупо и Капрайи, где огромные скалы целиком состоят из застывшей гальки различной величины и цвета.

Тот предмет, который легче, будет дальше унесен реками от места, где подхватили его речные воды; наоборот, более тяжелый будет на меньшее пространство унесен от места, где он отделился. Тот удар воды больше отнимает у речных берегов, который происходит под углами, близкими к прямому, и, наоборот, он отнимает больше, если углы будут менее близки к прямому (Leic., 31об.).

Если бы земля антиподов, поддерживающая Океан, поднялась и оголилась, выйдя значительно из этого моря, то каким образом могла бы она с течением времени образовать горы и долины, будучи почти ровной? И скалы с различными напластованиями? Ответу на вопрос учит нас ил, или, вернее, песок, находящийся там, где стекает вода, и оголяющийся после разлива рек. Вода, стекающая к морю с выступившей земли, когда земля эта в достаточной мере поднялась над морем, будь даже земля почти ровной, эта вода стала бы образовывать разные ручьи в более низких частях этой равнины и, начав размывать, сделалась бы приемником других окрестных вод— до тех пор пока вся такая вода не стекла бы, а подобные углубления не сделались бы затем руслом потоков, принимающих в себя дождевые воды. И так текли бы они, размывая берега этих рек, пока земля между этими реками не превратилась бы в острые горы. А когда вода стекла бы, то холмы эти начали бы высыхать и образовывать камни пластами, бо́льшими или меньшими, в зависимости от грубости ила, который реки несли в эти моря своими разливами (F, 11об.).

Каменистые слои на большой глубине моря образуются потому, что ил, отрываемый прибоем от морских берегов, уносится его отра-

женными волнами в открытое море и там, после того как прибой стихнет, ил отлагается на дне морей. На дне никогда не бывает морского прибоя по причине большой удаленности от поверхности, а потому ил там остается неподвижным и окаменевает, а иногда он обращается в белую горшечную глину. И таким образом, в виде слоев различного наклона, он образует напластования столь разнообразной толщины, сколь разнообразна сила прибоя, большего или меньшего (Leic., 35).

Поверхность долин непрерывно становится тем более высокой, чем больше эти долины приближаются к морю. Доказывается 10-м [положением], гласящим: «Реки непрерывно несут землю с гор к морю, и ни одна не несет ее с моря к горам» (С. А., 259 а).

Любая часть земной глубины на известном протяжении образована из слоев, и каждый слой состоит из частей более тяжелых и более легких; на большей глубине он тяжелее. Это объясняется тем, что такие слои образуются из примесей воды, гонимых в море течением рек, впадающих в это море. Из таких примесей более тяжелая часть первой отлагалась постепенно на дне; и это делала вода там, где она переставала двигаться, захватив примеси первоначально там, где она находилась в движении. Такие земные слои можно ясно видеть на берегах тех рек, которые своим непрерывным течением рассекли и отделили глубокими ущельями одну гору от другой, там, где воды текли по грунту, состоящему из гальки, вещество которого высохло и обратилось в твердый камень, а в особенности там, где воды текли по грунту, состоящему из очень тонкого ила. И это заставляет нас сделать вывод, что любая часть земной поверхности уже была центром Земли и наоборот (В. М., 138).

О мире. Любая часть Земли, которая обнажается при размыве, производимом течением рек, когда-то уже была земной поверхностью, видимой Солнцу (С. А., 45об. а).



Горное ущелье (Виндзор).

О водных жилах

Вода есть именно то, чему положено быть жизненной влагой этой чахлой земли, и та сила, что движет ее по ее разветвленным жилам, наперекор естественному движению тяжелых предметов, есть именно та, что движет влагу во всех видах одушевленных тел. Ведь вода, к величайшему удивлению ее наблюдателей, поднимается из последней глубины моря до высочайших вершин гор и, изливаясь по прорвавшимся жилам, возвращается вниз к морю, и снова быстро вздымается и возвращается к указанному уже нисхождению; то обращаясь от внутренних частей к внешним, то от нижних к вышележащим, то в естественном движении опускаясь дóлу, то сливаясь воедино, в постоянном круговращении движется она, кружа по земным проходам (В. М., 236об.).

О начале рек. Тело Земли, наподобие тел животных, соткано из разветвлений жил, которые все соединены друг с другом и предназначены питать и оживотворять эту Землю и ее создания. Они выходят из глубин моря и в них должны вернуться, после многих круговращений, благодаря рекам, образуемым глубокими трещинами в этих жилах. И если бы ты пожелал сказать, что зимние дожди или летнее таяние снегов являются причиной рождения рек, то можно было бы тебе в ответ привести реки, берущие начало в знойных местностях Африки, где нет дождя и мало снега, ибо чрезвычайный жар всегда растворяет в воздухе облака, гонимые сюда ветрами. И если ты сказал бы, что те реки, которые становятся полноводнее в июле и августе, бывают таковыми от снегов, тающих в мае и июне от приближения Солнца к снегам Скифских гор, и что эти растаявшие снега спускаются в долины, образуя озера, через которые проникают потом по жилам и подземным пустотам, опять появляясь у истоков Нила, то это ложно, ибо Скифия расположена ниже, чем исток Нила, и, кроме того, Скифия отстоит от Черного моря на 400 миль, а исток Нила удален на 3000 миль от Египетского моря, куда он изливает свои воды (Leic., 33об.).

Если ты пожелал бы сказать, что вода, которая изливается из жил, берет начало от скопления вод в горных пустотах, на это тебе будет дан следующий ответ: либо приток воды, рождающейся в этих пустотах, больше убыли, либо убыль ее больше притока, либо, наконец, убыль равна притоку.

Если приток воды в горную пустоту больше убыли, то такая пустота окажется заполненной целиком и вода выгонит оттуда весь воздух. И если вода займет все устье выхода, вода больше не сможет стекать, ибо воздух не сумеет заполнять тот вакуум, который должен образоваться частично в этой горной пустоте при уходе воды. Следовательно, поскольку такая горная пустота наполнена водой постоянно, жила, доставляющая воду в эту горную пустоту, по необходимости должна приносить столько воды, сколько ее утекает через устье, изливающее ее из этой горной пустоты наружу. Следовательно, такое движение оказалось бы всегда непрерывным и ровным; а этого никогда не бывает, ибо во всех жилах, изливающих воду из гор наружу, вода значительно убывает или исчезает летом, а зимой жилы изобилуют водой.

Если убыль воды больше притока, тогда в устье горной пустоты не будет воды до тех пор, пока убыль и приток ее не сравняются. А когда приток воды сделается равным убыли, тогда движение станет равномерным на всем протяжении времени (что, как только что было сказано, не соответствует действительности).

Некоторые говорят, что причиной роста воды в жилах, изливающих эту воду в реки, являются дожди. Это можно отрицать, сославшись на пример городских рвов: когда из них удалена вода, а затем и грунт, то часто внизу оказывается, как я видел, безводный, сухой ил. Правда, можно было бы сказать, что в таких рвах плотность меловой глины (creta) мешает и препятствует проникновению воды ниже вглубь, как мы это видим в цистернах, сделанных в соленой воде: их стенки и песок окружены снаружи тончайшей горшечной глиной и никогда никакая сила соленой воды не может в них проникнуть, а потому вода в цистернах всегда сохраняется пресной. Однако в горах, где слои камня расположены наклонно или прямо и покрыты неболь-

шим количеством земли, дождевые воды проникают сразу в эту землю и стекают через трещины в камнях, внедряясь в жилы и пустоты и заполняя их. Также снега медленно спускаются при своем таянии с горных высот, задерживаемые корнями и листьями мелких луговых трав, а в трещины скал воде легче проникать, нежели стекать по этим корням трав; вот почему, помимо растаявшего снега, наполняющего летом реки, значительное количество его проникает в указанные трещины скал, образующих горы.

Здесь я буду продолжать и помещу маленькое рассуждение о том, как находить воду, хотя это и кажется несколько отклоняющимся от порядка нашего изложения; впоследствии я все приведу в порядок, распределив по местам, когда буду писать более пространный труд. Я говорю, что при одном и том же грунте вода проникает глубже там, где поверхность более ровная, и меньше проникает там, где поверхность менее пологая. Кроме того, при одинаковой ровной поверхности вода проникает глубже через грунт менее плотный и менее жирный и наоборот. И там, где камни располагаются ребром или мало отклоняются от вертикали, там вода будет проникать значительно, в особенности когда такие камни перемежаются с пластами известняка. Вода проникнет незначительно через те пласты, которые перемежаются со слоями жирной глины. И если камни, которые обращены лицевой поверхностью к небу, являются пластами очень небольшой толщины, то они будут собирать много дождевой воды, которая вся скопится в первой складке слоев. Там, где пласты более толстые, даже если они вертикальны, там проникает меньше воды, а там, где они тоньше, там, как я сказал, вода будет проникать больше. Где почва песчаная, там изобилие воды. Там, где имеется крупный гравий, там вода впивается вся и быстро ускользнет с его дна. Здесь есть воды Адидже, я скажу об их разнообразии в зависимости от грунта, песка, гравия (Leic., 3).

И вот, если центр мира находится в воде и если, как сказано, возможно, что иногда, от непрерывного трения воды, проходящей по жилам, эти жилы расширяются настолько, что стойкая связь частей

земли между жилами уничтожается, то тяжесть такой земли, приобретенная ею, благодаря своему нахождению выше воды, заставит ее отделиться от остальной части и обрушиться к центру, который должен будет совпасть с центром ее тяжести. И по этой причине оставшаяся часть Земли, став легче с той стороны, откуда обрушилась указанная тяжесть, отдалится по необходимости от центра мира, суша и горы выйдут наружу из сферы воды в облегченной части Земли, и эта часть облегчится еще более, освободившись от веса воды, находившейся над нею, и в эту меру еще выше поднимется к небу. Однако сфера воды в этом случае положения не меняет, ибо вода заполняет то место, откуда отделилась тяжесть упавшей книзу земли; вот почему море остается таким же, не меняя своей высоты.

И это также могло быть причиной, почему ракушки и устрицы, находимые на высоких горах, когда-то были под соленой водой, а теперь оказались на такой высоте, вместе со слоями камня, образовавшимися на протяжении веков из ила, приносимого реками в озера, пруды и моря. И в этом случае нет ничего, что противоречило бы разуму (Leic., 36).

О том, что Океан не проникает сквозь землю. Океан не проникает сквозь землю, и этому учат нас многочисленные и разнообразные жилы пресной воды, которые во многих местах этого Океана пробиваются со дна на поверхность. Это же самое показывают нам колодцы, вырытые более чем на милю от названного Океана; они наполняются пресной водой и это происходит потому, что пресная вода тоньше, чем соленая, а следовательно обладает большей способностью просачиваться (G, 38).

Пресная вода более просачивается в соленую воду, чем соленая в пресную. Что пресная вода более просачивается в соленую воду, чем соленая в пресную, явно показывает нам тонкое сухое и старое полотно, свисающее одинаково низко своими противоположными концами в две разных воды, поверхности которых расположены одинаково низко,— тогда

можно видеть, что пресная вода поднимается вверх в кусок этого полотна тем выше по сравнению с соленой, чем она легче этой соленой (G, 38).

О подъеме воды на вершины гор

Если хочешь заставить подняться воду на милю, и чтобы она оказалась наверху горы, сделай как здесь изображено. И если хо-



чешь, чтобы струя воды была толщиною в твою ногу, сделай водопровод толщиною в свое бедро; и если она поднимается на милю, сделай, чтобы опускалась она с двух. И устремление воды, находящейся в

bc, будет таково, что поднимет воду, находящуюся в *de*, и повернет колесо насосов. И знай, что по насосам воздух совсем не может проникнуть в резервуар, ибо всякий раз, когда нутро насоса подается назад, клапан, находящийся на дне резервуара, закрывается, и хотя бы он и не был хорошо пригнан, воздуха не пропустит, ибо находится на два локтя под водою, так что не может пустить воздуха, не пустив сначала двух локтей воды.

И когда ты хочешь сначала наполнить водопровод, собери от дождей маленькое озеро воды и заделай глиной трубки у подножия, т. е. в *c* и *e*. Затем выпусти озеро в водопровод.

Когда колесо будет на $^1/_2$ локтя в воде, закрой хорошенько ящик и открой водопровод в *c* и *e* одновременно. А колесо сделай размером в 4 локтя (B, 26; ср. T. A., IX, 7).

О жилах воды на вершинах гор. Ясно можно видеть, что вся поверхность Океана, за исключением случая бури, находится на одинаковом расстоянии от центра Земли, и что вершины гор удалены от этого центра тем более, чем более возвышаются они над поверхностью моря. Следовательно, если тело Земли не имело бы сходства с человеком, невозможно было бы, чтобы вода моря, будучи гораздо ниже гор, чтобы могла она по природе своей подняться до вершины гор. Вот почему надобно думать, что та же причина, которая удерживает кровь в верхней части человеческой головы, та же самая причина держит воду на вершинах гор (A, 55об.; ср. T. A., I, 38).

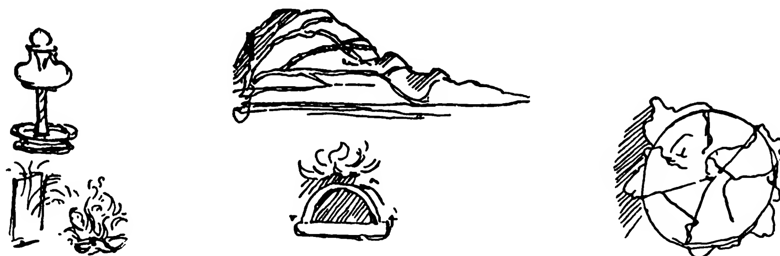
Вода сама по себе не движется, если только она не опускается; и если она движется, не опускаясь, это значит, что она приводится в движение чем-то другим; а если она движется, не будучи приводимой в движение чем-то другим, она обладает движением отраженным и в ней мало жизни (W. An. II, 16об.).

Вода, движущаяся в реке, или призываема, или гонима, или движется сама. Если призываема или требуема — кто требующий? Если гонима, кто тот, кто гонит ее? Если движется сама, это показывает, что у нее есть сознание. Но в телах непрерывно меняющейся формы

невозможно быть сознанию, ибо в таких телах нет суждения (К, 101об.).

Во многих случаях одна и та же вещь влекома двумя принуждениями: нуждой и силой. Вода проливается дождем, и земля ее поглощает из-за нужды во влаге, а Солнце извлекает ее не по нужде, а силой (Tr., 39).

Если теплое является причиной движения влаги, то холодное останавливает ее. Доказывается это прежде всего холодной областью, которая останавливает увлекаемые теплой стихией облака. В части же доказательства, что теплое увлекает влагу, доказывается это так: нагрей склянку



и помести в сосуд горлышком вниз и положи на нее раскаленный уголь и увидишь, что влага, устремляясь к теплу, поднимется и наполнит склянку [своими испарениями], а заключенный воздух выйдет через горлышко этой склянки. Также, если ты возьмешь намоченную ткань и будешь держать у огня, увидишь, что влага этой ткани покинет свое место и устремится к огню; и та часть влаги, которая будет наименее вещественной, поднимается вверх, увлекаемая близостью огня, который по природе своей поднимается в область своей стихии. Так и Солнце увлекает влагу ввысь.

Подтверждение того, почему вода находится на вершинах гор. Я говорю, что как природное тепло удерживает кровь в жилах в верхней части человеческого тела, и когда человек умер, то эта самая кровь, став холодной, отливает

в нижние части, и когда Солнце долго нагревает человеку голову, то кровь приливает вместе с влагами в таком обилии, что, переполняя жилы, причиняет головную боль, то же, говорю я, имеет место и по отношению к жилам, которые проходят ветвясь по телу Земли; посредством природного тепла, разлитого по всему телу Земли, вода удерживается в жилах, поднимающихся до горных вершин. И та же вода, которая течет в теле этой горы по каменной трубе, как мертвая вещь, не выйдет из своего первоначального низкого положения потому, что не будет нагрета жизненным теплом первой жилы. Далее: теплота стихии огня и днем теплота Солнца властны увлекать влагу из горных низин и влечь ее на высоту, совсем так же, как влекут они облака, забирая влагу из моря. Если возьмешь прибор *rf* и нагреешь его сверху, то вода оставит уровень *rf* и, поднявшись, выльется в *a* [см. средний рисунок нижнего ряда на стр. 447].

О горах. Влага низин увлекается ввысь, совершенно так же, как теплота увлекает облака и забирает их влагу из недр моря.

Мнение утверждающих, что вода некоторых морей выше, чем самые высокие вершины гор, а потому гонима к этим вершинам. Вода не будет передвигаться с места на место, если не увлечет ее низина. И посредством естественного течения она никогда не сможет вернуться на высоту, равную тому первоначальному месту, откуда, выходя из гор, она показалась на свет. И та часть моря, которую ты, основываясь на обманчивом воображении, считал находящейся на такой высоте, что море могло стекать через вершины гор, иссякла бы на протяжении стольких столетий и стекла по склону этой горы. Ты можешь легко представить себе, сколько времени Тигр и Евфрат текли по вершинам гор и какие они произвели разрушения. Вот почему можно думать, что вся вода Океана уже огромное множество раз протекала по их устьям. И разве ты не согласен, что Нил уже излил в море больше воды, чем в настоящее время ее существует во всем мире?

Бесспорно, что если бы эта вода стекала за пределы тела нашей Земли, эта махина уже давно осталась бы безводной. Таким образом

можно заключить, что вода поступает из рек в море из и моря в реки, всегда круговращаясь и возвращаясь, и что все море и реки уже прошли через устье Нила бесконечное число раз (А, 56—56 об., ср. Т. А., I. 41).

О крови, которая находится на вершине головы. Кажется на первый взгляд, что если бы кто проломил верхнюю часть головы человеку, что не должно бы выйти крови, кроме той, которая находится между краев такого пролома. В самом деле: всякая тяжелая вещь стремится книзу, кровь обладает тяжестью, и кажется невозможным, чтобы она сама по себе поднималась как вещь воздушная и легкая. Может быть, ты пожелаешь сказать, что легкое расширяется в недрах кровяного озера, когда при дыхании наполняется воздухом; что, выдыхая, оно гонит из этого озера кровь, устремляющуюся в жилы, и заставляет их расти и вздуваться; и что набухание это нудит кровь вытекать из пролома верхней части головы. Мнение это будет быстро опровергнуто. В самом деле, жилы сами по себе способны дать удобный выход притекающей крови, которой незачем переливаться чрез пролом головы, словно нехватает ей места.

Почему кровь устремляется через верхнюю часть головы? Духовные частицы[6] способны двигаться и вовлекать в свое движение частицы материальные. Мы видим, как огонь посредством духовного тепла гонит выше трубы земные и тяжелые вещества, смешанные с испарением и дымом; так обстоит дело с салом,— ты увидишь, как оно обращается в копоть, если будешь его жечь. Точно так же теплота, смешавшаяся с кровью, стремясь вернуться к своей стихии и находя возможность испариться через пролом головы, уносит вместе с собою кровь, которую наполняет и с которой смешана. Причина, почему дым поднимается ввысь с такой стремительностью, унося с собою земные вещества, следующая: огонь, соединяющийся с деревом, кормится и питается тонкой влагой, а влага более плотная не может быть поглощена теплотой, находящейся внутри этого огня. Огонь хочет вернуться к своей стихии

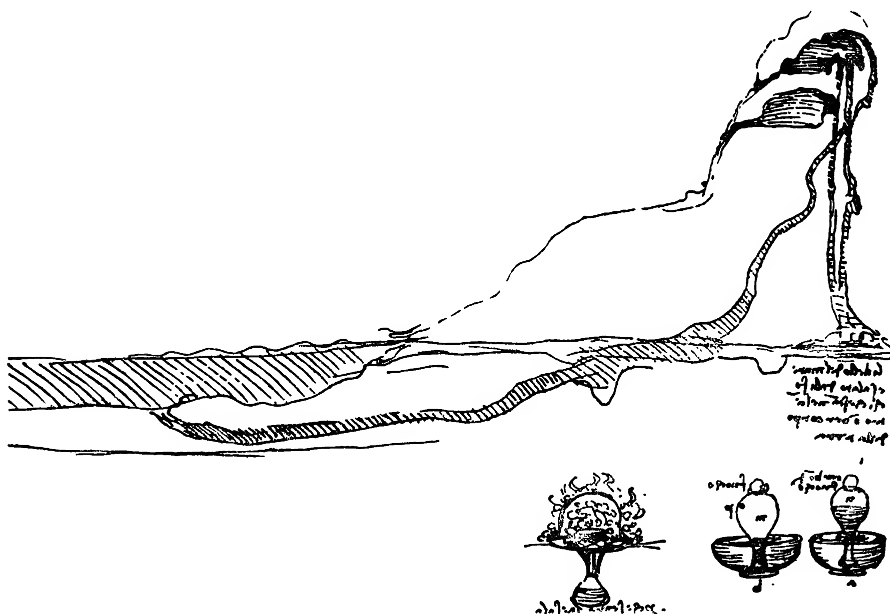
и уносит с собою нагретые влаги, как видно это при дистилляции ртути в алембике; когда она, столь тяжелая, смешается с теплотою огня, ты увидишь, как она приподнимается и в виде дыма опускается в другой сосуд, принимая прежнюю свою природу.

Эксперимент, показывающий, что теплота делает легкими тяжелые тела. Если две вещи одинаково положены на весы, та, которая накалена, будет легче, чем другая, которая холодна. Ты сделаешь этот опыт при помощи двух медных шаров, прикрепленных к весам двумя проволоками; один из них ты поставишь на огонь, который будешь разжигать поддувая; когда его накалит огонь докрасна, ты его из огня вынешь, дабы груз не поднимался теплым поднимающимся паром; увидишь тогда, что этот шар, который, будучи холодным, имел одинаковый вес с другим, стал под действием тепла более легким (А., 56об.).

Вода, которая поднимается на горы, есть кровь, которая поддерживает жизнь в этой горе. Если в такой жиле сделано отверстие, то природа, всегда помогающая своим живым существам, преисполненная желанием возместить недостаток пролившейся влаги, приходит туда и приносит в избытке заботливую помощь, подобно тому, как у человека в месте, испытавшем удар, можно наблюдать, что, благодаря оказываемой помощи, количество крови под кожей увеличивается,— в виде вздутия, вскрывающегося в пораженном месте. Точно также в виноградном кусте, который подрезан на верхушке, природа посылает свою влагу из самых нижних корней к самой высокой точке надреза, и когда эта влага выливается, природа не оставляет куст без жизненной влаги до самого конца его жизни (Н, 77).

Если ты скажешь, что вода поднимается на величайшую высоту гор, словно впитываемая или увлекаемая губкой, из низких мест на высокие, то ответ на это дается при помощи 5-го [положения] 6-й [книги], доказывающего: «Вода, сама собою поднимающаяся в губке, войлоке (feltro) или другом пористом теле, вытечет и выльется из этого пористого вещества только ниже места своего проникновения в это тело. И если бы ты сказал, что теплота Солнца увлекает

воду из горных пещер ввысь, до горных вершин, так же, как она увлекает ее из прудов и открытых морей в виде пара, образуя облака, то здесь ответ гласит: если бы теплота была причиной, увлекающей начала рек к вершинам гор, то там, где больше тепла, там должны были бы быть более крупные и более обильные водные жилы, нежели в



странах холодных; мы видим, однако, обратное, ибо северные местности, очень холодные, более изобилуют водами и реками, нежели теплые южные районы. Кроме того, из сказанного следовало бы, что наши реки должны изливать больше воды летом, чем зимой, ибо Солнце тогда больше нагревает горы, нежели зимой. И, наконец, горы ближе к холодной области воздуха, чем их долины, и в северных местностях горы почти непрерывно одеты снегом и льдом, между тем там берут начало много рек. А если ты скажешь, что подъем воды происходит от естественного испарения тепла, испаряющего влагу, заключенную внизу, в горных пещерах, и что такое парообразование

образует на своде пещеры то же самое, что образуют при дистилляции пары на сводчатой поверхности алембика, здесь мы ответим: такие своды пещер всегда сухие, как можно это видеть в подземных рудничных копях. И если бы ты сказал, что природа пещер, имеющих внизу озёра,— другая, чем природа рудничных копей, тогда мы скажем, что такая вода должна иметь то же, что и названный алембик, т. е. сток для всех капель, которые образуются на его сводчатой поверхности из влажного испарения дистиллируемой влаги, ударяющей о него.

...Если над сосудом *n* поместить раскаленный уголь, то вода, уровень которой был *rs*, поднимется до высоты *n*. И это происходит не потому, что теплота увлекает воду вверх, но потому, что при проникновении огня уничтожается воздух, который наполняет тогда пространство неполностью, и вода сама собою поднимается для заполнения пустоты. А если ты хочешь вполне удостовериться, что воду не увлекает огонь, сделай отверстие в сосуде *m* в точке *p* и ты увидишь, что вода не поднимется до своего уровня (Leic., 3об.).

Другие говорили, что во́ды, стекающие с высоких горных вершин, спустились туда с высочайших гор вселенной, покрытых снегом, который в летнюю пору тает. Это мнение ложно, ибо если бы это было так и тающие летом снега, проникая через подземные пустоты и подземные жилы, гнали бы воду на горные вершины, находящиеся ниже устья этих жил, то из таких жил мы получали бы больше воды летом, чем зимой, между тем опыт нам показывает обратное (Leic., 31об.).

Вода, находящаяся на высочайших горах, не находится там потому, что ее увлекает туда Солнце, ибо теплота его мало проникает вниз, как это можно видеть под Вернией,—Солнце не имеет там силы растопить лед даже во время сильнейшей летней жары, и лед этот держится в пещерах в тех местах, где он отложился в конце зимы. А в северных частях Альп, куда не ударяют лучи Солнца, лед никогда не тает, ибо Солнце не может проникнуть своим теплом даже сквозь

малую толщу гор. Следовательно, еще меньшее количество солнечного тепла останется при его дальнейшем проникновении в огромное пространство между вершинами больших гор и низиной водной сферы, которая должна простираться у подножия такой горы. И если бы ты сказал, что земля ведет себя наподобие губки, в которую, при погружении одной ее части в воду, эта вода проникает, распространяясь до ее вершины, то здесь ответ гласит: хотя вода и доходит сама собою до вершины такой губки, однако она никак не может пролиться книзу от этой вершины, если не будет сжата чем-нибудь; между тем на вершинах гор мы видим обратное, а именно вода изливается сама собою, не выдавливаемая никем. Может быть ты скажешь, что вода поднимается только в ту меру, в какую она [где-нибудь еще] опускается, и что поверхность моря — выше, чем вершины самых высоких гор. На это следует ответить, что в действительности имеет место совершенно противоположное, а именно: самая низкая часть, открытая небу, это — поверхность моря. Ведь вода движется сама собою только в том случае, когда она опускается вниз, и когда она движется, то опускается вниз; следовательно, если реки, простирающиеся между вершинами гор и морем, везде движутся, то они везде текут книзу и у моря останавливаются, заканчивая свое движение. Отсюда следует вывод, что реки прекращают движение в самом низком своем месте. И если бы ты сказал, что море, чем дальше оно отходит от своего берега, тем более поднимается, в конце концов доходя до уровня высоких гор, то здесь доказывается, что та вещь более высока, которая более удалена от центра мира; и если водная стихия сферична, то, согласно определению сферических тел, любая часть ее поверхности одинаково удалена от ее центра. Вот, следовательно, доказательство, что берег моря находится на такой же высоте, как его середина, что выходящая из моря часть берега — выше, нежели любая часть моря, и что расстояние от вершин высоких гор до центра мира больше, нежели расстояние от этого центра до берега моря. Итак, мы доказали наше заключение.

И если ты скажешь, что Солнце, как сказано, поднимает и вздымает воду от подножия гор к их вершинам, то придется заключить:



Деталь картины «Святая Анна с Марией и младенцем Христом» (Париж, Лувр)

если теплота увлекает влагу, то более сильное тепло должно увлекать большее количество воды, нежели менее сильное; следовательно, летом, во время огненного зноя, водные жилы должны были бы больше подниматься на вершины гор, нежели зимой; между тем мы видим противоположное, ибо летом реки по большей части становятся менее полноводными[7] (Leic., 32об.).

Если вода, которая пробивается на высоких горных вершинах, берется из моря, откуда его тяжесть толкает ее вверх, стремясь поднять выше этих гор, то почему частице воды дана такая вольность — подниматься на столь значительную высоту и проникать в землю с таким трудом и так медленно, а остальной водной стихии, граничащей с воздухом, не предоставлено желать то же самое, хотя воздух не препятствует всей воде подниматься на такую же высоту, как и указанной части? И ты, придумавший это объяснение, вернись к естественному объяснению, которое ты оставил ради подобных мнений, и которое ты сильно порицал вместе с капиталом брата, тебе принадлежащим (F, 72об.).

О солености моря

Почему вода солона? Говорит во 2-й своей книге главе 103-й Плиний, что вода моря солона потому, что жар Солнца высушивает влажное и высасывает его,— и это дает пространному морю вкус соли; но допустить этого нельзя, потому что, имей соленость моря причиной жар Солнца, нет сомнения, что озера, пруды и болота были бы солоны тем больше, чем менее подвижны и глубоки их воды; опыт же показывает нам обратное: в таких болотах вóды бывают совершенно лишены солености. Плиний отмечает также в той же главе, что такая соленость могла бы возникнуть, поскольку по удалении всех мягких и тонких частей, легко притягиваемых теплом, остается только более жесткая и плотная часть, и потому вода на поверхности менее солона, чем на дне. Отвечается на это на тех же, приведенных выше основаниях, а именно: то же случилось бы и с болотами и с другими

водами, которые иссушаются теплом. Говорилось также, что соленость моря есть пот земли; на это ответ гласит, что все водяные жилы, проходящие по земле, были бы солоны.

Но мы делаем заключение, что соленость моря возникла от многих водяных жил, которые, проходя сквозь землю, встречают залежи соли, частично их растворяют и уносят с собой к Океану и другим морям, откуда облака, осеменяющие реки, никогда ее не берут. Тогда море оказалось бы более соленым в наши времена, чем когда-либо прежде? И если противником было бы сказано, что бесконечное время высушило бы море или обратило его в соль, то на это ответ гласит, что такая соль опять возвращается суше при высвобождении этой суши, поднимающейся вместе с полученной ею солью, а реки опять возвращают соль той земле, которая покрыта водами. Но — лучше сказать — если мир вечен, необходимо, чтобы его народы, и они также были вечными. Следовательно, род человеческий был и будет потребителем соли вечно; и будь даже вся масса земли солью, ее не хватило бы для человеческой пищи. Поэтому надо признать либо что вещество соли вечно, как и мир, либо что она умирает и вновь возникает вместе с поглощающими ее людьми. Но опыт учит нас, что она смерти не имеет, как показывает это огонь, который ее не истребляет, и вода, которая становится соленой настолько, сколько ее она растворяет; и по испарении воды соль остается всегда в прежнем количестве и не может проходить через человеческие тела так, чтобы не оказываться потом опять в моче, поте или других выделениях,— и это та соль, которая ежегодно привозится в города.

И в качестве третьего и последнего основания укажем, что соль есть во всех сотворенных вещах, и этому учат нас вóды, прошедшие через все пеплы и извести сожженных вещей, и моча любого животного, и выходящие из их тел выделения, и зéмли, в которые обращаются продукты разложения всех вещей.

Соль добывается в местах, где есть моча свиней, и морские ветры солоны.

Поэтому мы скажем, что дожди, проникающие в землю, суть то, что под фундаментами городов и селений возвращает по скважинам

земли соленость, отнятую у моря, и что отход моря, превышавшего когда-то все горы, оставил ее в залежах, находимых в этих горах (G, 48об.).

О приливе и отливе

Начало трактата о воде. Человек назван древними малым миром, и нет спора, что название это уместно, ибо как человек составлен из земли, воздуха, воды и огня, так и тело Земли. Если в человеке есть кости, опоры и каркас для его мяса,— в мире есть скалы, опоры Земли; если в человеке есть кровяное озеро, там, где легкое растет и убывает при дыхании,— у тела Земли есть свой Океан, который также растет и убывает каждые 6 часов, при дыхании мира; если от названного кровяного озера берут начало жилы, которые, ветвясь, расходятся по человеческому телу, то точно так же и Океан наполняет тело Земли бесконечными водными жилами. В теле Земли отсутствуют сухожилия (nervi), которых нет потому, что сухожилия созданы ради движения, а так как мир находится в постоянном равновесии, то движения здесь не бывает, и так как не бывает движения, то и сухожилия не нужны. Но во всем прочем они весьма сходны (A, 55об.; ср. Т. А., I, 39).

Тело Земли имеет природу рыбы, дельфина или кита, потому что дышит водою вместо воздуха (С. А., 203 b).

Ничто не родится там, где нет жизни чувствующей, растительной и разумной: перья у птиц вырастают и меняются каждый год, шерсть у животных растет и меняется, за исключением некоторых частей, ежегодно,— так шерсть на львиной гриве, у кошек и т. п.; травы растут на лугах и листья на деревьях и обновляются ежегодно в большом количестве. Потому мы можем сказать, что у Земли есть растительная душа, и что плоть ее — суша, кости — ряды сгромоздившихся скал, из которых слагаются горы; связки (tenerume) — туфы; кровь ее — водные жилы; заключенное в сердце кровяное озеро — Океан; дыхание, приток и отток крови при биении пульса есть то же, что у Земли прилив и отлив моря, а теплота мировой души—

огонь, разлитой в земле; местопребыванием же души растительной являются огни, которые по различным местам Земли источаются в минеральные воды, в серные ключи и вулканы,— в Монджибелло в Сицилии и в других многих местах (Leic., 34)

Посмотрим, может ли притяжение воды, осуществляемое Землей за 12 часов в приливе и отливе, показать нам величину легкого этой Земли следующим образом: если мы скажем, что легкое равно квадрату [кубу] $^1/_2$ локтя, т. е. равно $^1/_8$ квадратного [кубического] локтя, и оно делает 270 вздохов в час, то как велико должно быть легкое Земли, чтобы делать один вздох в 12 часов? Ты скажешь так: 12 раз 270 составляет 2940; отсюда следовало бы, что легкое мира в 2940 раз больше человеческого легкого. Умножь на 2940 одну восьмую квадратного [кубического] локтя, т. е. легкое человека, и увидишь, что легкое Земли равно $367^1/_2$ квадратным [кубическим] локтям.

Море, которое на западе и во многих других частях мира поднимается на 30, 40 и 50 локтей, должно было бы иметь такую же ширину, какую и река, которая разливается из своих берегов на протяжении 100 миль. Если река, при ширине в 100 локтей, на протяжении 100 миль дает подъем воды в 50 локтей, то на каждые 50 миль приходится подъем в 25 локтей. В 50 милях содержится 150 000 локтей, каковые умножь на число локтей в ширине реки: 100 раз 150 000 локтей составляет 1 500 000 квадратных локтей только для реки ⟨...⟩ и такой же подъем бывает в Красном море при 100 милях ширины. Сообрази теперь, сколько бывает в Индийском океане.

Итак, столько воды не сможет принять легкое, имеющее 367 квадратных [кубических] локтей; и эта вода, увлекаемая и гонимая, не сможет за 12 часов сразу поглотиться в Земле; не может поглотиться она и по частям, так как причина, которая увлекает ее,— одна, а не несколько.

И то, что увлекает, увеличивается в объеме, как это делают желудочки сердца или легкое, действующее наподобие кузнечного меха, набирающего воздух. В этом случае нужны орудия, следовательно, Земля должна иметь внутри легкое, сухожилия (nervi), мускулы и

хрящи. Но такое дыхание не может совершаться без движения земной поверхности. И если бы ты пожелал сказать, что между объемом легкого и внутренней стенкой Земли имеется воздух, то было бы необходимо, чтобы при увеличении легкого воздух уступал ему место; и количество воздуха должно было бы равняться объему воды, которая потребна морю для его прилива. От этого получался бы сильнейший, выходящий из Земли ветер во время 6 часов прилива, а другой сильнейший ветер дул бы в продолжение других 6 часов. И такой регулярный прилив и отлив в море порождал бы прилив и отлив в воздухе, каковой непрерывно сопровождался бы сильнейшим ветром, приходящим и уходящим по одному и тому же пути, как это можно видеть по отдушине ящика, в котором заключен человек. Такой ветер легко можно распознать, поднося свечу к отдушине. Эта отдушина не движется потому, что человек при выдохе сокращает грудь и воздух заполняет пустоту, образованную этой грудью, а при вдыхании грудь растет и втягивает воздух, устремляющийся снаружи. Но Земля не движется так, как движется грудь (С. А., 260 а).

О движении моря каждые 6 часов. Если теплое движет влаги, то холодное останавливает их, и где холод больше, там большее твердение влаг.

Если бы кто захотел сказать, что Луна, увеличивающая холод, есть то, что заставляет каждые 6 часов море расти и убывать, по указанным выше причинам это кажется невозможным, так как вещь, подобная другой, притягивает не по подобию, а по контрасту; ты не увидишь, чтобы теплое при наличии огня притягивало этот огонь, наоборот, оно будет притягивать холодное и влажное; ты не видишь, чтобы воду притягивала к себе другая вода (А, 57).

О приливе и отливе моря и их разнообразии. Причиной прилива и отлива моря является течение рек, которые отдают воду этому морю, обладающему движением более медленным, чем их собственное движение, а потому необходимость вынуждает воду подниматься. Такая река покрывает свое течение быстрой волной, отражаемой навстречу этому течению. Волна бежит

навстречу течению реки, когда на море царит отлив; возвращаясь к берегу, волна в течении реки почерпает новую силу. Прилив и отлив моря не порождаются ни Луною, ни Солнцем, а порождаются величайшей волной, падающей и отраженной. Но поскольку отраженное движение слабее падающего, будучи лишено силы, которая его восстанавливала бы, то подобное колебательное движение должно было бы истощиться, если бы оно не восстанавливалось с помощью рек: эти реки сначала переполняются падающей волной упомянутого прилива, а затем волна, переполняющая реки, сочетается с отливом, который ударяется о противолежащие берега островов,находящихся напротив, и тогда откатывается назад, а потом вновь движется вперед и так продолжает, как было уже сказано выше. Этому нас научил опыт, непрерывно наблюдаемый в любой реке и особенно при ударах о берега ее залива (С. А., 281 а).

О приливе и отливе. Все моря имеют прилив и отлив одновременно, однако кажется, что они варьируют, поскольку они начинаются не в одно и то же время во всей вселенной; когда в нашем полушарии полдень, то в противоположном полушарии полночь; и на восточной линии смыкания обоих полушарий начинается ночь, следующая за днем, а на западной линии этих полушарий начинается день, за которым следует та ночь, которая начинается в противоположной части. Следовательно, мы пришли к выводу, что, хотя указанное возрастание и убывание высоты морей и происходит одновременно, они представляются варьирующими по уже указанным причинам.

Итак, вóды уходят в жилы, начинающиеся на дне морей и ветвящиеся в теле Земли, соответственно истокам рек; эти реки непрерывно отнимают море у моря на дне и бесчисленное число раз отнимали его и отдавали море морю на поверхности. И если бы ты пожелал думать, что Луна, появляясь в восточной части Средиземного моря, начинает притягивать к себе вóды моря, то отсюда следовало бы, что последствия этого немедленно сказывались бы в восточном конце указанного моря. Но так как Средиземное море составляет примерно

$^1/_8$ часть окружности водной сферы, ибо длина его составляет 3000 миль, и так как прилив и отлив происходят только 4 раза за 24 часа, то подобное действие не вяжется с этим сроком в 24 часа, а предполагает, что длина Средиземного моря в этом случае должна равняться 6000 миль. В самом деле: если избыток воды в Средиземном море должен проходить через Гибралтарский пролив, следуя за движением Луны, то в этом проливе образовалось бы такое сильное течение и вода поднималась бы на такую высоту, что за пределами его продолжалось бы течение, образуя на много миль в Океане поднятие вод и огромное волнение, так что через него нельзя было бы проплыть. А вслед затем сразу Океан с прежней яростью возвращал бы полученные воды туда, откуда он их получил. И следовательно, никогда нельзя было бы проплыть через такой пролив. Между тем, опыт нам показывает, что в любое время по нему плавают, за исключением того, когда ветер дует по линии течения,— тогда отлив сильно возрастает. Море не повышает уровень воды в проливах, имеющих выход, хотя и поднимается, задерживаясь перед ними; вот почему вслед за тем оно наверстывает в яростном движении потерянное время вплоть до конца своего отраженного движения (Leic., 6об.).

Прилив и отлив — двоякие на одной и той же широкой водной поверхности (pelago), ибо они будут происходить много раз в ее устье прежде, чем закончится один большой прилив и отлив на самой поверхности. Это обусловлено тем, что волны первого прилива с силой устремляются к водной поверхности, а за время, пока эти волны продолжают двигаться в направлении своего импульса, волна в устье уже претерпевает отлив. И прежде чем вздувшаяся волна ощутит этот отлив, происходящий в устье, там уже начинается прилив; и когда [в устье] начинает вздыматься вторая волна, в это время волна, вздымавшаяся на широкой водной поверхности, останавливается, замедляя свою стремительность. Таким образом вздувшихся волн накапливается столько, что после подъема воды на широкой водной поверхности они должны стремительно откатиться назад. При третьей

и четвертой волне [прилива] отлив, движущийся вспять к устью, не вздувается, пока не спадут первые воды (F, 6 об.).

Книга 9-я о слиянии рек и их приливе и отливе. Та же причина создает их в море, где их причиной является пролив Гибралтара; также происходит это от водоворотов.

Если две реки встречаются на одной и той же прямой линии, а затем под прямым углом текут вместе, получится прилив и отлив то в одной реке, то в другой, выше места их слияния, и в особенности если их течение после слияния не станет быстрее, чем прежде (Leic., 5).

Я видел две маленькие канавки, шириною в два локтя каждую, которые отделяли улицу от владений и воды которых встречались с неодинаковой силой, потом соединялись и поворачивали под прямым углом, проходя под маленьким мостиком этой улицы и продолжая свое течение. А то, что я хочу здесь сообщить о них, следующее: здесь возникал прилив и отлив высотою в $^1/_4$ локтя. Он вызывался то одним, то другим каналом, как об этом будет сказано. Первый канал, более мощный, одолевал приток воды противоположного канала и, увеличивая ее количество, переполнял его; вода, притекавшая из переполненной реки, поднималась и, будучи более слабой, приобретала такую тяжесть, что побеждала импульс и силу реки, которая сначала была более сильной, а потому гнала ее назад с великой яростью. И таким образом увеличивался импульс движения победительницы и она проникала своими волнами внутрь более мощного канала свыше чем на 100 футов. Указанный канал в это время замедлял и останавливал свои воды, граничившие с концом волны-победительницы; и благодаря такой волне вверх по течению реки скапливалось столько воды, что вплоть до исчерпания указанного импульса эта вода одерживала верх и гнала назад первую воду. И так последовательно эти воды продолжали течь, никогда не замедляя движения, в третьем канале, где они соединялись под указанным уже мостом. В этом третьем канале было четыре разных движения: первое и второе были движениями потока большей и меньшей силы, третье [и четвертое] изменяли на-

правление потока от правого к левому берегу [и от левого к правому]. Переход от большего к меньшему происходил, когда одна вода одолевала другую и та поворачивала вспять вместе с водой, которая ее гнала, что создавало обилие воды под мостом. Понижение воды под мостом происходило тогда, когда одна вода, одолевая другую, уже почти исчерпала свой импульс, а противница уже восстановила свои утраченные силы,— тогда вода под мостом оказывалась ниже всего. Переход от правого берега к левому имел место тогда, когда правая или левая вода была победительницей, т. е. когда побеждала правая, поток ударял в правый берег, под указанным мостом.

И если этот прилив и отлив, возникавшие в столь малом количестве воды, давали разницу в $^1/_4$ локтя, то что произойдет в огромнейших каналах моря, между островами и материком? Разница будет тем больше, чем больше количество этих вод (Leic., 35).

О Средиземном и Черном морях

Хребет Эмус [Балканы], который отделяет Фракию от Дардании, соединяется на западе с горою Сардонием, которая, продолжаясь на запад, меняет название Сард на Реби там, где подходит к Далмации. Далее, продолжаясь на запад, она отделяет Иллирию, ныне именуемую Словенией, и меняет название Реби на Албан. И, продолжая тянуться на запад, она превращается в гору Дора на севере, а на юге, над Истрией, она называется Караванкас. На западе, выше Италии, она соединяется с горою Адула, где берет начало Дунай, простирающийся на восток на 1500 миль (по кратчайшей линии — около 1000 миль). И настолько же или около того простирается ветвь Адула, изменяя свои названия в вышеуказанные названия гор. К северу высятся Карпаты, которые по ширине ограничивают долину Дуная, простирающегося, как я уже сказал, на восток на расстояние около 1000 миль. Эта долина имеет в ширину кое-где 200, а кое-где 300 миль. Посреди нее протекает Дунай, первая река Европы по величине, и этот Дунай проходит чрез средину Австрии и Албании, а севернее — через Баварию, Польшу, Венгрию, Валахию и Боснию. Следователь-

но, Дунай, или Даной (Danoia), впадает в Черное море, раньше простиравшееся вплоть до Австрии и занимавшее всю ту равнину, по которой теперь течет Дунай. На это указывают нам устрицы, ракушки, «бычки» (bovoli), головы (capре) и кости больших рыб, которые до сих пор находят во многих местах на высоких склонах указанных гор. И это море было образовано смыканием отрогов Адула, простиравшихся на восток, с отрогами Тавра, простиравшимися на запад; около Вифинии вóды этого моря изливались из Понта в Пропонтиду и впадали в Эгейское море, т. е. Средиземное. Здесь впоследствии долгим течением был открыт проход между отрогами Адула и отрогами Тавра, и Черное море понизилось, обнажив долину Дуная с вышеупомянутыми провинциями, всю Малую Азию по ту сторону Тавра к северу, равнину, простирающуюся между Кавказом и Черным морем на запад, и равнину Дона вплоть до Рифейских гор, т. е. до их подножия. Итак, для того чтобы обнажить такую большую равнину, Черное море должно было понизиться примерно на 1000 локтей (Leic., 1 об.).

В [14]89 году было землетрясение в Аталийском море около Родоса; оно разверзло море, т. е. его дно, и в эту зияющую пропасть устремилась такая масса воды, что в течение свыше 3 часов дно морское было обнажено от вод, туда ушедших, а затем море достигло прежнего уровня.

Земля может производить какие угодно изменения своей тяжести, но никогда поверхность водной сферы не перестанет быть равноотстоящей от центра мира.

В Средиземном заливе, куда как в море стекала основная масса воды из Африки, Азии и Европы, притекавшие к нему вóды доходили до склонов гор, его окружавших и создававших ему преграду. вершины Апеннин стояли в этом море в виде островов, окруженных соленой водой; и Африка вглубь от гор Атласа не обращала еще к небу открытой земли своих больших равнин, миль 3000 в длину; и Мемфис стоял на берегу этого моря. И над равнинами Италии, где ныне летают стаями птицы, рыскали рыбы большими стадами (Leic., 10об.).

О том, что в Бордо, в Гаскони, море поднимается на высоту около 40 локтей до своего отлива и река переполняется солеными водами на протяжении свыше 150 миль, а корабли, которые предстоит конопатить, остаются на высоте, на высоком холме, над понизившимся морем.

О том, что около Туниса отлив Средиземного моря наибольший, а именно около $2^1/_2$ локтей; в Венеции понижение равно 2 локтям, а во всей остальной части Средиземного моря понижение незначительно или ничтожно.

О том, как река По в короткое время превращает в сушу Адриатическое море, так же как она превратила в сушу значительную часть Ломбардии (Leic., 27об.).

Горы поднимаются над морем на высоту, равную той глубине, на какую наиболее глубокие места морского дна уходят вглубь от нижней границы воздуха.

Вóды Средиземного моря обильно изливались через Красное море, имеющее в ширину 100 миль и в длину 1500, полное утесов. И они размыли склоны горы Синая. Это подтверждает, что не разлив Индийского моря ударял об эти берега, но огромная масса воды, уносившая с собою воду всех рек, переполнявших Средиземное море. А кроме того — отлив моря. Позднее на западе, на расстоянии 3000 миль от этого места, была отрезана гора Кальпа, отделившаяся от горы Абила. Такой пролив образовался в самом низком месте на равнинах, находившихся между Абилом и Океаном, у подножия горы, в низине, чему помог размыв одной из долин реками, здесь протекавшими. Геркулес пришел открыть сток на запад,— тогда морские воды начали стекать в Западный океан! И по причине сильного понижения уровня Красное море оказалось выше. Вот почему воды оставили прежнее течение и отныне стали постоянно изливаться через Испанский пролив.

На берегах Средиземного моря находятся устья 300 рек и 40 200 гаваней. И это море имеет в длину 3000 миль. Много раз происходило повышение уровня моря по причине его отлива и дуновения западных

ветров, производя разлив Нила, а также рек, вытекающих из Черного моря. Уровень морей повышался настолько, что затоплялось множество стран. Такие наводнения происходят в то время, когда Солнце производит таяние снегов на высоких горах Эфиопии, возносящихся в холодную область воздуха. Точно так же влияет приближение Солнца к горам азиатской Сарматии и горам Европы. Таким образом, эти три явления, т. е. отлив моря, западные ветры и таяние снегов, были и являются причиной величайших наводнений,— все затопляется в Сирии, Самарии, Иудее, между Синаем и Ливаном, и в остальной части Сирии, между Ливаном и Тавром, и в Киликии в горах Армении, и в Памфилии и Ликии в Келенских горах, и в Египте, вплоть до горы Атласа.

Персидский залив, который некогда был огромным озером Тигра, стекавшим в Индийское море, в настоящее время размыл гору, которая когда-то образовала ему преграду, и сравнялся с уровнем Индийского океана. И если бы Средиземное море продолжало свое движение по Аравийскому заливу, то оно делало бы то же, а именно выравнивало бы уровни Средиземного и Индийского морей (Leic., 31).

Почему Нил разливается летом, притекая из знойных стран? (Leic., 22).

Во Фракийском проливе Черное море всегда течет в Эгейское, а Эгейское не течет в Черное. Это происходит оттого, что Каспийское море, находящееся на 400 миль к востоку, вместе с реками, в него впадающими, изливает воды в Черное море по подземным пустотам. То же делают Дон (il Tanai) и Дунай, а потому воды Черного моря всегда выше вод Эгейского, ибо более высокие воды всегда стекают в более низкие и никогда более низкие не текут в более высокие (Leic., 31об.).

Напиши Бартоломео Турко о приливе и отливе в Черном море, и что ему известно о том, имеется ли такой прилив и отлив в Гирканском, или Каспийском, море (С. А., 260 а).

Если Средиземное море меняет свое положение, то оно повышает уровень водной сферы и заполняет новые низины. Следовательно, центр тяжести этого прироста оказывается у антиподов, и таким образом по сю сторону пропадает тяжесть всего количества воды, отсюда ушедшей. И хотя это место заполняется землей, принесенной реками в Средиземное море, центр тяжести остается в том же полушарии, противоположном тому, которое прибавило в весе у антиподов. Иначе говоря, от перемещения земли на место отогнанного моря тяжесть по сю сторону не возрастает: эта земля остается в нашем полушарии, т. е. здесь остается и центр ее тяжести. Однако вес нашего полушария уменьшается на всю величину тяжести вод. Следовательно, центр мира станет ближе к нашим антиподам, после того как наше полушарие облегчится от всей тяжести ушедших вод и вершины [наших] гор поднимутся выше, удаляясь от этого центра. Так будет происходить до тех пор, пока реки, которые станут впадать в Нил, протекая на большом протяжении по пространной долине, образующей границы Средиземного моря, не начнут уносить по Гибралтарскому проливу всю ту часть грунта, которая замутняет их воду. И с течением времени они принесут столько земли в Океан за пределами Гибралтарского пролива, сколько ее находится между Ливией и [Средиземным] морем, между Альпами и этим морем. Тогда центр мира вновь приблизится к центру возросшей тяжести Океана, а облегченные части станут более удаленными от этого центра. И вот, следовательно, сделано заключение: чем более земли теряется у нас, тем легче становятся наши страны; следовательно, они более удаляются от центра мира, и вóды более их размывают и делают их еще легче. Так будет продолжаться до тех пор, пока вся обнажившаяся земля не будет перенесена в море Нилом и впадающими в него реками. Таким же образом земля в реках, ныне впадающих в Средиземное море, будет унесена в Океан Нилом, вместе с мутными водами, в него поступающими. И тогда море вернется вновь покрыть места, где когда-то уже были подножия и основания гор, и скроет землю.

Нельзя отрицать, что Нил непрерывно притекает к Египетскому морю замутненным и что причиной такого помутнения является

земля, непрерывно уносимая этой рекой из мест, по которым она протекает. Такая земля никогда не возвращается обратно из моря, ее принимающего, если только это море не относит ее к своим берегам. Посмотри на песчаное море за горою Атласом, на те места, которые некогда были покрыты соленой водой (Leic., 32об.).

Много-много раз Нил и другие крупные реки уже изливали и возвращали в море всю стихию воды.

Почему вода находится на вершинах гор? От Гибралтарского пролива до Дона 3500 миль, а разница в уровнях равна $1^1/_6$ мили, что дает 1 локоть понижения на каждую милю для воды, движущейся незначительно. А Каспийское море значительно выше, и ни одна гора Европы не поднимается выше чем на милю над поверхностью наших морей. Следовательно, можно сказать, что вода, находящаяся на вершинах наших гор, пришла с высоты тех морей и из впадающих в эти моря рек, расположенных еще выше (Leic., 21об.).

Та часть воды в озере будет обладать более медленным движением, которая находится дальше от кратчайшей линии, соединяющей вход и выход реки, протекающей через это озеро.

Здесь делается вывод, что Азовское море (mare della Tana), граничащее с Доном, есть самая высокая часть Средиземного моря; оно удалено от Гибралтарского пролива на 3500 миль, как показывает мореходная карта. Разность уровней равна 3500 локтей, т. е. $1^1/_6$ мили. И это море, следовательно, выше любой горы Запада (F, 68)

Поверхность Красного моря — на одном уровне с Океаном. И Средиземное море стало легче как на дне, которое понизилось, так и на поверхности, прежде покрытой водою. При уменьшении веса от убывания Средиземных вод суша поднялась и изменила свой центр тяжести.

Морские воды, стекавшие из Средиземного моря в Океан, ударяясь с огромной силой о дно, значительно углубили это дно ниже поверхности Океана. Эта впадина потом отступала назад вместе со своим откосом, дойдя до Гадитанского пролива, который мы видим

сейчас. Может быть, обрушилась гора и заперла устье Красного моря, преградив сток морю Средиземному и тогда, переполнившись, это море получило выход через Гадитанские горы. Ведь нечто подобное мы видели в наши времена: обрушилась гора в 7 миль и заперла долину, образовав озеро. Так именно образовалась бóльшая часть горных озер, каковы, например, Лаго ди Гарда, Лаго ди Комо, Лаго ди Лугано и Лаго Маджоре. Получив сток через Гадитанский пролив, Средиземное море несколько понизило свой уровень у берегов Сирии и значительно — в указанном проливе, ибо, прежде чем возник такой пролив, это море стекало в южном направлении, а потом должен был образоваться сток через Гадитанский пролив.

Все равнины, простирающиеся от моря к горам, были уже когда-то покрыты соленой водой.

Любая долина образована ее рекой и отношение между одной долиной и другой долиной такое же, каково между одной рекой и другой рекой.

Самая большая река нашего мира — Средиземное море, образованное рекою, текущей от начала Нила к Западному Океану. Высшая ее высота — во внешней Мавритании и длина ее течения — 10 000 миль, прежде чем она вновь породнится с Океаном, отцом всех вод, т. е. 3000 миль—Средиземное море, 3000— открытый Нил, 3000—Нил, текущий к востоку, и т. д. (С. А., 32 об. b).

П о ч е м у т е ч е н и е в п р о л и в е И с п а н и и в с е г д а б ы в а е т с и л ь н е е в з а п а д н о м н а п р а в л е н и и, ч е м в в о с т о ч н о м? Причина такова: если ты сложишь устья рек, впадающих в Средиземное море, ты найдешь, что они дают большее количество воды, нежели то, которое это море изливает через пролив в Океан. Ты видишь, что Африка имеет сток своих рек к северу, в это море. В числе их — Нил, протекающий по Африке на протяжении 3000 миль; там же находится река Баграда, Мавретан и другие. Европа дает сток водам Дона и Дуная, По и Роны, Арно и Тибра. Таким образом, ясно, что эти реки вместе с бесчисленными менее известными дают в итоге большую ширину, глубину и скорость течения;

между тем море, отделяющее Европу от Африки на крайнем западе, имеет ширину всего 18 миль (С. А., 215об. d).

Все озера, все морские заливы и все средиземные моря образуются от рек, впадающих в них своими водами, и от препятствий, стоящих на пути их стока.

Спрашивается: в Средиземном море, которое отделяет Африку от Европы и Европу от Азии посредством Нила и Дона, изливающих в него свои воды, какое препятствие в наибольшей мере мешает стоку его вод и уходу их в океан?



Спроси об этом опыт во всех доказательных его подробностях.

Итак, ты сделаешь модель Средиземного моря в том виде, как это показано здесь. В этой модели пусть ее реки будут соразмерны величине и очертанию такого моря. Тогда посредством опытного наблюдения над потоками вод ты дашь знание о том, чтó они уносят из вещей, покрытых и непокрытых водой. И ты предоставишь стекать Нилу, Дону, По и другим рекам соразмерной величины в это море, которое будет иметь выход через Гибралтарский пролив. Дно его должно быть сделано из песка, с ровной поверхностью. Таким-то образом ты быстро увидишь, откуда течение воды уносит предметы и где их оно отлагает (С. А., 84об. а).

О горе Тавре

Р а з д е л ы к н и г и. Проповедь и обращение к вере. Внезапное наводнение до его конца. Гибель города. Смерть жителей и отчаяние. Преследование проповедника, его освобождение и благоволение. Описание причины, приведшей к такому обвалу горы. Ущерб,

им причиненный. Обвалы снега. Встреча с пророком. Его пророчество. Затопление низин Западной Армении, их осушение через ущелье горы Тавра. Каким образом новый пророк показывает, что это разрушение произошло в соответствии с его предначертанием. Описание горы Тавра и реки Евфрата.

Описание горы Тавра и реки Евфрата.

Диодарию Сирии, наместнику священного султана Вавилонии.

Новое бедствие, которое приключилось в наших северных странах, и которое, я уверен, потрясет не только тебя, но и весь мир, будет тебе последовательно, по порядку рассказано, с показанием сначала следствия, а затем причины ⟨...⟩.

Когда я находился в этих частях Армении, радея с любовью и старанием о том деле, ради которого ты меня послал, я начал с тех мест, которые мне показались наиболее подходящими для нашей цели, и вошел в Калиндру, граничащую с нашими владениями. Этот город находится у подножия той стороны горы Тавра, которая отделена от Евфрата и обращена к вершинам Большого Тавра на западе. Эти вершины столь высоки, что кажется, будто они касаются неба, и что нет на свете части земли более высокой, чем его вершина. И всегда за 4 часа до наступления дня его освещают лучи Солнца на востоке; а так как он из самого белого камня, то ярко сияет и приносит армянам ту же пользу, что прекрасный свет луны среди мрака. Своей великой высотой он превосходит самые высокие облака на 4 мили, считая по прямой линии. Эта вершина видна из многих мест с запада, освещаемая Солнцем с его восхода до трети ночи. И ее-то у вас в ясные дни мы принимали за комету. Во мраке ночи нам кажется, что гора принимает разные очертания, то разделяясь на две или на три части, то удлиняясь, то укорачиваясь. Это происходит от облаков на горизонте неба, которые располагаются между частью горы и Солнцем и которые пресекают ход этих солнечных лучей; свет горы прерывается облаками, находящимися на разных расстояниях, а потому она имеет переменные очертания своего блеска.

Почему вершина горы сияет в продолжение половины или трети

ночи и кажется кометой западным жителям после наступления вечера и восточным жителям перед утренним рассветом.

Почему эта комета кажется имеющей изменчивые очертания,— то круглой, то удлиненной, то разделенной на две или на три части, то цельной; о том, когда она пропадает и видима вновь...

Очертания горы Тавра. Тебе не следует обвинять меня, о Диодарий, в лености, как, повидимому, явствует из твоих упреков. Неуемная любовь, которую породило во мне твое благодеяние, вынудила меня с величайшим старанием искать и прилежно изыскивать причину столь великого и поразительного действия, а на это не могло не потребоваться времени. Теперь, дабы вполне удовлетворить тебя в том, что касается причины столь великого действия, мне необходимо показать тебе форму местности, а затем я перейду к действию, что, как я надеюсь, тебя удовлетворит.

Не сетуй, о Диодарий, на мое промедление с ответом на твой настойчивый запрос, ибо предметы, о которых ты меня спрашивал, таковы по своей природе, что для их надлежащего изложения требуется время, особенно потому, что, если нужно показать причину такого великого действия, необходимо хорошо описать природу местоположения, и это позволит тебе без труда найти удовлетворительный ответ на указанный вопрос.

Я оставлю в стороне описание формы Малой Азии,— какие моря и земли являются ее границами, каковы ее очертания и размеры, ибо я знаю, что твоя прилежность и старания в науках уже обогатили тебя подобными сведениями. Я перейду к описанию истинных очертаний Тавра, являющегося причиной столь дивного и грозного чуда, и это приблизит нас к нашей цели. Тавр — та гора, которая многими считается отрогом (giogo) Кавказа. Однако я, желая это хорошенько выяснить, решил поговорить с некоторыми людьми, которые живут выше Каспийского моря. Они свидетельствуют, что хотя горы, где они живут, носят то же имя, однако здешние имеют бóльшую высоту, а тем самым они указывают, где настоящий Кавказ. Ведь Кавказ по-скифски означает «высшая вершина». И в самом деле, неизвестно, чтобы на востоке или на западе существовала гора столь же высокая.

И доказательством тому служит, что западные жители видят вплоть до четверти самых длинных ночей большую часть вершины Тавра, озаренной лучами Солнца, и то же бывает в странах, находящихся на востоке.

Качество и величина горы Тавра. Тень этого хребта (giogo) Тавра имеет такую высоту, что, когда в середине июня Солнце находится на юге, тень простирается до начала Сарматии, что составляет 12 дней пути, а в середине декабря тень простирается до Гиперборейских гор, что составляет месяц путешествия к северу. И всегда та часть Тавра, которая закрыта ветру, полна облаков и туманов, ибо ветер, который разделяется при ударе о скалу, вновь смыкается за этой скалой, и таким образом уносит с собой облака со всех сторон и оставляет их при ударе. И в этой части горы всегда бывают молнии от множества задерживающихся здесь туч; вот почему скала повсюду разбита и полна великих разрушений. У подножий ее живут богатейшие народы, здесь все полно прекраснейших источников и рек; земля плодоносна и обильна повсюду, особенно на юге. Но если подняться мили на три, то попадешь в большие леса сосен, елей, буков и других подобных деревьев. За ними на протяжении трех других миль простираются луга и обширнейшие пастбища, а дальше, вплоть до вершины Тавра, находятся вечные снега, которые никогда, ни в какую пору года не исчезают и которые достигают высоты примерно 14 миль, считая с подножия горы. Вокруг этой вершины Тавра на высоте одной мили всегда находятся облака. Таким образом, мы имеем 15 миль высоты по вертикали. Такую же высоту или около того, как мы находим, имеют вершины отрогов Тавра. Здесь, примерно на середине высоты, начинается морозный воздух и не чувствуется дуновений ветров,— ничто не может жить здесь долго. Здесь не родится ничего, кроме немногих хищных птиц, ютящихся в высоких расщелинах Тавра и спускающихся ниже облаков за своей добычей на горные луга. Вся эта гора (т. е. от облаков вверх) — голый камень, и камень этот чрезвычайно белый. И на самую вершину нельзя пройти из-за крутого и опасного подъема (С. А., 145об. а — b).

Много раз, получая твои письма, я радовался вместе с тобою твоему благополучию, но теперь я знаю, что ты, как друг, опечалишься вместе со мною, узнав о несчастном состоянии, в котором я нахожусь. За последние дни я пережил столько тревог, страхов, опасностей и бедствий, вместе с несчастными крестьянами, что мы должны были завидовать мертвецам. И, конечно, я не думаю, что когда-либо, после того как стихии, разъединившись, упразднили великий хаос, что когда-либо они объединяли свою силу, более того — свое бешенство, для таких великих бед людям. Что касается виденного и испытанного нами сейчас, то я не могу вообразить ничего[8]. Сначала мы подверглись натиску и напору стремительных и яростных ветров и к этому присоединились обвалы больших снежных гор, заполнивших все долины и потрясших бо́льшую часть нашего города. И не довольствуясь этим, Фортуна внезапными разливами вод затопила всю нижнюю часть этого города. Сверх того, начался внезапный ливень, настоящая буря, с массою воды, песка, ила и камней, смешавшихся с корнями, стволами и обломками разных деревьев. И все, летя по воздуху, падало на нас. И в довершение всего пожар, вызванный, казалось бы, не ветрами, но 30 тысячами дьяволов, которые его сюда принесли. Он сжег и разорил всю эту страну и не прекратился еще до сих пор. И мы, немногие из тех, кто уцелел, остались в таком оцепенении, в таком страхе, что едва решаемся говорить друг с другом, словно оглушенные. Оставив все наши дела, мы ютимся вместе в развалинах церквей,— мужчины и женщины, дети и взрослые, все вместе, словно стада коз. Соседи из жалости помогли нам пропитанием,— те, кто раньше были нашими врагами. И если бы не оказалось людей, которые помогли нам пропитанием, все мы умерли бы от голода. Суди сам, в каком состоянии мы находимся! И все эти несчастия — ничто в сравнении с теми, которые грозят нам в близком будущем.

Я знаю, что ты, как друг, будешь опечален моим несчастьем, подобно как я раньше в письмах свидетельствовал радость о твоем счастье ⟨...⟩ (С. А., 214об. d).

О реках Средней Азии и Индии

Гора Кавказ, Come Dorem [Comedorum] и Паропанисы, сливающиеся друг с другом, рождаются между Бактрианой и Индией. Река Оксус, рождающаяся в этих горах, течет на 500 миль к северу и на столько же к западу, изливая свои воды в Гирканское море. Ее притоки — Осус, Драгодос, Арфалис, Ксариаспис, Драгамаим, Окус, Маргус — огромные реки. С противоположной стороны, к югу, берет начало большая река Инд, которая катит свои волны на протяжении 600 миль на юг, и на этой линии в него впадают реки Зарадрус, Бибасис, Вадрис, Вандабал, Биласпус с востока и Севастус с запада. Вобрав воду этих рек, Инд делает поворот и течет 800 миль на запад; отражаясь у Арбетских гор, он образует колено и поворачивает к югу; по этой линии он через 500 миль достигает Индийского моря, впадая в него семью рукавами (С. А., 95об. b).





МЕТЕОРОЛОГИЯ



О ветре, молнии, облаках и дожде

Стихии переходят друг в друга[1], и когда воздух обращается в воду, благодаря своему соприкосновению с ее холодной областью, тогда он бешено притягивает к себе весь окружающий воздух, который бешено устремляется заполнить место, покинутое воздухом исчезнувшим. И так одно количество последовательно движется вслед за другим, пока они частично не восстановят равновесие в пространстве, откуда первый воздух ушел. И это есть ветер. А если вода обращается в воздух, воздух, первоначально занимавший то место, куда вышло указанное новое количество его, по необходимости должен, убегая стремительно, уступить место воздуху родившемуся. И это есть ветер (С. А., 169 а).

Когда воздух обращается в дождь, он образовал бы пустоту, если бы другой воздух не препятствовал, приходя на помощь. Последний делает это со стремительным движением и это есть тот ветер, который рождается в летнюю пору вместе с яростными ливнями (Е, обл.).

О силе пустоты, порождаемой мгновенно. Я видел в Милане, как молния ударила в Кредитную башню с той

стороны, которая обращена к северу. Эта молния медленно спустилась по указанному фасаду и тотчас же отступила от этой башни, унеся с собой ее часть. И она отторгла от этой стены протяжение в три локтя длины и ширины и глубиною в два. А стена эта была толщиною в четыре локтя и была выложена из тонкого и мелкого древнего кирпича. Вся эта масса была увлечена той пустотой, которую оставило после себя пламя молнии, и т. д. И следы таких действий я нашел на скалах высоких Апеннин, в особенности же на скале Вернии (E, 1).

О том, как растекающаяся вода обращается в ветер, который становится тем суше, чем более она растеклась. О том, что при коагуляции воды в воздухе рождается ветер, ибо воздух течет туда, где его недостает, а также убегает оттуда, где он в избытке. О том, что воздух плотнее там, где больше ветра, ибо воздух там становится гуще. О том, что ветры бывают сильнее в сырую погоду и при дождях сильнее, чем в ясную погоду. О том, как большие ветры рождаются от гор, покрытых снегом, что удостоверяют моряки, испытывающие это повседневно; и получается это от растекания снегов в воздухе, каковое растекание — тончайшее. И философы говорят о ветрах, что они — пары сухие и землистые; это вовсе не так. О том, что ветер, рожденный из облака, не распространяет пары кругообразно, по всем линиям, исходящим из тучи, ибо он приобретает больше тяжести, чем воздух, по которому проходит, а потому по необходимости поворачивает к земле, как делают все предметы тяжелее воздуха; и струится он по воздуху, толкаемый тем ветром, который находится за ним и который за ним рождается, или же гоним импульсом, который он приобрел в предшествующем движении (Leic , 26об.).

Тот ветер будет обладать более коротким движением, начало которого более стремительно. Этому научило нас пламя, вырывающееся из бомбарды, — оно показывает нам очертания и скорость движения посредством дыма, который проникает в противолежащий воздух на короткое и широкое пространство. Но ветер обладает

непостоянной стремительностью, как показывает нам пыль, вздымаемая им в воздухе разнообразными клубами и извивами. Также на высотах Альп заметно, что удары этих ветров производятся импульсами разной силы. Можно также видеть, что флаги кораблей развеваются по-разному. Мы видим, как в море одна часть воды испытывает удары, а другая нет, и подобное же происходит на ровных берегах и отмелях рек, — пыль летит яростно в одном месте, а в другом не летит вовсе. И так как все эти следствия на опыте раскрывают нам природу своих причин, мы можем с уверенностью сказать, что ветер, имеющий более стремительное начало, имеет и более короткое движение; таково короткое движение, которым обладает дым, выходящий из жерла бомбарды. Происходит это от сопротивления, которое оказывает воздух, уплотнившийся при ударе такого дыма; и тот же дым (как мы видим) явно показывает нам уплотнение, обусловленное сопротивлением воздуха.

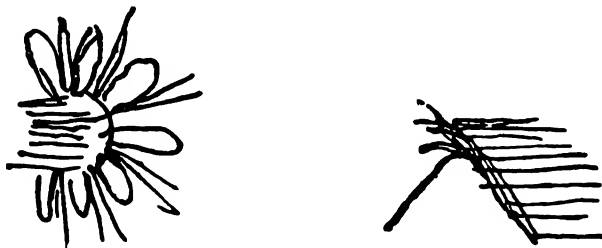
Но если ветер будет иметь медленное движение, то путь его окажется очень длинным и прямым, ибо воздух, в который он проникает, не уплотняется при встрече и не препятствует его движению, а легко растекается, давая ему проход на очень далеком протяжении (С. А., 270об. а).

Воздух сам по себе способен уплотняться и отражаться до бесконечности (Е, 47об.).

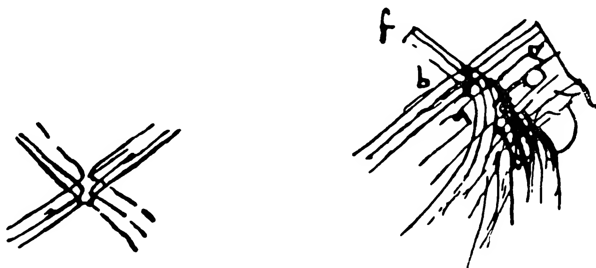
Если бы движение ветра имело широту постоянной силы, птице не приходилось бы так часто вибрировать и балансировать своими крыльями (Е, 47об.).

Течение ветров меняется и переходит в движение другого ветра благодаря отдушинам долин, через которые оно входит и выходит, и случается это чаще с ветрами низкими, нежели высокими. Делает это ветер потому, что он способен отражаться и искривляться по любой линии, за исключением той, которая направлена навстречу его притоку. И если ветер хочет отступить и дать место новому ветру, нужно, чтобы он вел себя так же, как вода, которая втекает по одной

линии в бочку и затем растекается по разным отводам, но в особенности течет по той линии, которая продолжает линию движения, совершавшегося ею при втекании в бочку, и менее течет по той линии, которая дальше от места этого втекания.



Ветер уплотняется над местами своего удара и на вершинах гор более, нежели на низких берегах, испытывающих его удары, ибо



все отраженные ветры берут начало там, т. е. на вершине прямых линий, проходящих по склонам гор, от которых эти ветры отражаются. Ветры эти дальше не простираются целиком в поперечном направлении, применительно к форме горной вершины, но многие из них, и в особенности те, которые ударяются ближе к подножию гор, поднимаются вверх по прямой линии, а затем, оказываясь над вершиной горы, искривляются и после такого искривления направляются по течению другого ветра, ударявшего в них и придавшего им их кривизну.

О ветре. Весьма часты случаи, когда течение одного ветра переходит в течение другого, и получается это от ударов, произво-

димых ими при встрече; так как они не в состоянии проникнуть друг в друга, необходимость вынуждает их отпрянуть в противоположную сторону.

Но если вышеназванные ветры не будут равны между собою по силе, их отраженные движения не станут продолжать движение того, кто их ударяет, и угол удара более мощного ветра будет настолько больше угла менее мощного, насколько больше избыток одной силы по сравнению с другой (В. М., 276—276об.).

Ветер. Ветер, минуя вершины гор, становится быстрым и плотным, а когда дует по ту сторону гор, становится разреженным и медленным, наподобие воды, которая выходит из узкого канала на широкую водную поверхность (Е, 54).

Северный ветер приходит к нам с высоких обледенелых мест. И потому не может выделять сырость и потому он чистый и без примеси, ибо он холоден и сух, и оттого сам по себе очень легок; однако его быстрота придает ему силу при ударах. Южный ветер не дует чистый, и, так как он теплый и сухой, он растворяет плотные водяные пары, источаемые Средиземным морем; эти пары затем следуют течению указанного ветра, ибо с ним сливаются. По такой причине этот ветер, дуя по Европе, бывает теплый и влажный, плотной природы, и, хотя его движение ленивое, его удары не менее сильны, чем северного ветра.

Всякий ветер по природе своей холоден и сух, но приобретает столь же разнообразные особенности, сколь разнообразны места, по которым он проходит: в местах сухих и теплых он оставляет на своем пути влагу и холод, а затем у мест теплых и сухих забирает сухость и тепло. Так при своем движении по любой местности он разнообразно меняет степень своего сжатия: становясь теплым и сухим, он ослабляет свою силу; а вновь обретая потерянное, вновь обретает указанные силы, ибо при тех же скоростях движений тот предмет произведет больший удар, который имеет бо́льшую тяжесть, и, наоборот, более легкий предмет произведет удар меньший.

Когда солнце возвращается летом в сторону Африки, влага, которая за весну здесь накопилась, растворяется и возрастает в своем объеме, с яростью ища мест, которые были бы способны вместить ее избыток. И это есть южный ветер, который осенью гонит перед собою вперед морские испарения Средиземноморья, уплотняя их над нашими землями, — здесь они опять падают вниз из-за бессилия своей поддержки (С. А., 169об. а).

Книга 42: «О дождях». Вода, которая выпадает из тучи, иногда растекается в такую легкость, что уже не может больше путем трения о воздух разделить его, а потому кажется превратившейся в этот воздух. Иногда при своем опускании она умножается, ибо находит мельчайшие частицы воды, которые, благодаря своей легкости, опускаются медленно, и сливается с ними; и в каждый момент спуска количество такой воды возрастает. Иногда ветры отклоняют путь дождя и делают его падение косым; по этой причине падение его замедляется и удлиняется, и он часто обращается в столь мелкие частицы, что не может больше падать, оставаясь, таким образом, в воздухе.

Напиши, как облака образуются и как они рассеиваются и что является причиной, поднимающей пары воды от земли в воздух, и о причине туманов и уплотнения воздуха, и почему воздух кажется более лазурным в одних случаях и менее лазурным в других, а также опиши слои воздуха и причину снега, града, причину отвердевания воды и превращения ее в лед, и образования в воздухе новых фигур снежинок и на деревьях новых фигур листьев в холодных странах, и появления на обледенелых скалах, покрытых инеем, новых фигур трав с разными листьями, как будто этот иней — роса, предназначенная питать и образовать указанные листья (F, 35; ср. Т. А. I, 45).

Об образовании облаков. Облака образуемы влагой, разлитой в воздухе, которая скапливается под действием холода, разносимого различными ветрами по воздуху; и такие облака производят ветры при своем возникновении, так же как и при своем

уничтожении. При их возникновении ветры рождаются потому, что рассеянная и испарившаяся влага, сосредоточиваясь и образуя облака, оставляет по себе пустым то место, откуда утекает; поскольку в природе пустота невозможна, необходимо, чтобы части окружающего воздуха при ускользании влаги заполняли собою наметившуюся пустоту, и подобное движение именуется ветром. Но когда под действием теплоты солнца такие облака растекаются в воздухе, возникает противоположный ветер, производимый разрушением и испарением сложившегося облака. И то и другое явление, как сказано, есть причина ветра. И такие ветры рождаются в любой части воздуха, изменяемой теплом или холодом, и движение их прямое, а не кривое, как хочется противнику; ибо, будь оно кривое, не нужно было бы поднимать или опускать корабельных парусов, ища верхнего или нижнего ветра, а, наоборот, парус, ударяемый ветром, был бы сопутствуем этим ветром беспрерывно, пока он длится. Обратное нам показывает опыт, поскольку мы видим, что водная поверхность в разных частях одного и того же моря испытывает удары, сопровождаемые недолгими и краткими расходящимися движениями, — явный признак, что из разных мест, с разными наклонами движений ветры нисходят сверху вниз; и движения эти расточаются по разным направлениям от своих начальных точек; и так как у моря поверхность сферическая, часто волны бегут без ветра, после того как поднявшийся ветер их покинул, — это означает, что волна продолжает двигаться с возникшим импульсом (Т. Р., 928).

... Мне уже доводилось видеть подобное скопление [облаков]. И однажды над Миланом, со стороны Лаго Маджоре, я видел облако в виде огромнейшей горы, полной горящих утесов, так как лучи Солнца, уже находившегося у горизонта, который стал багровым, окрашивали его в свой цвет. И это облако притягивало к себе все маленькие облака, вокруг него находившиеся, большое же не сдвигалось с места, сохраняя на своей вершине свет солнца до половины второго ночи[2], — так велика была его необъятная громада. А около

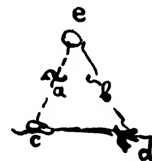
двух часов ночи возник сильный ветер,— вещь изумительная и неслыханная (Leic., 28).

О ветре. Воздух движется, как река, и увлекает с собою облака, так же как текущая вода увлекает с собой все вещи, которые держатся на ней. И это доказывается тем, что если бы ветер проникал в воздух и толкал облака, то они уплотнялись бы, находясь между воздухом и тем, что их движет, и получали бы боковой импульс с двух противоположных концов, как воск, сжимаемый пальцами.

О движении воздуха. Воздух движется, когда он увлекается для заполнения пустоты или когда он гоним разрежением влаги облаков (G, 10).

О движении. Я спрашиваю: истинное движение облаков можно ли узнать по движению их теней? И точно то же спрашиваю о движении Солнца (Forst. II, 46).

Движение облака само по себе менее быстро, нежели движение его тени по земле. Доказательство: пусть *e* — тело Солнца, *a* — облако, *c* — его тень. Итак, если облако движется из *a* в *b*, тень будет двигаться из *c* в *d*, а отсюда, поскольку тени, отбрасываемые облаком на землю, образованы линиями, сходящимися к центру Солнца, мы скажем, на основании 4-го [положения] настоящей [книги], что утверждаемое нами истинно. Это 4-е положение гласит: «Равноотстоящие от [вершины] угла сечения двух встречающихся линий будут тем меньше, чем ближе они находятся к месту встречи последних». Стало быть, коль скоро облака ближе к Солнцу, нежели тени их, нет сомнения, что тень пройдет больший путь по земле, нежели облако в воздухе, за одно и то же время (G, 92об.).

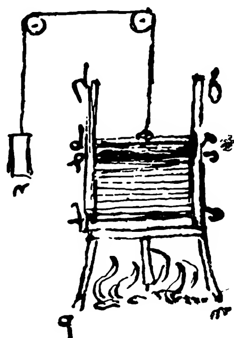


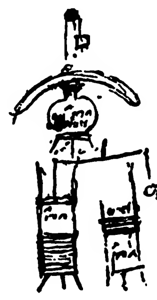
Книга 32 о движении, которое производит огонь, проникая в воду через дно котла, о том, как он бежит пузырьками на поверхность

этой воды по различным путям, и о движениях, которые совершает вода под ударами этого проникающего в нее огня. На основе такого опыта ты сможешь исследовать теплые пары, источаемые землей и проходящие через воду, — почему вода задерживает их движение и как затем эти пары проходят через воздух более прямыми путями. И этот опыт ты произведешь в четырехгранном стеклянном сосуде, держа свой глаз около середины одной из его стенок. В медленно кипящую воду ты можешь положить некоторое количество зерен проса, ибо, благодаря движению этих зернышек, ты будешь иметь возможность наглядно постичь движение воды, уносящей их с собою. На основе такого опыта ты сможешь исследовать много прекрасных движений, происходящих при проникновении одной стихии в другую (F, 34об.).

Чтобы наблюдать течение ветра в воздухе и его крутящиеся вихри, заткни горящую вату в ствол трубки и дунь с другой стороны: ветер, выдыхаемый вместе с дымом, выйдет с противоположного конца и покажет доподлинно кружения, получающиеся при его движении в указанном воздухе (С. А., 79 с)

Проверить путем эксперимента и установить правило, насколько возрастает вода,



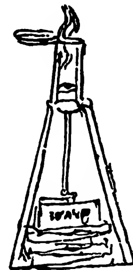


обращаясь в воздух. Мы возьмем четырехугольный сосуд *ghef*, открытый сверху, и поместим внутри него мешок, сделан-

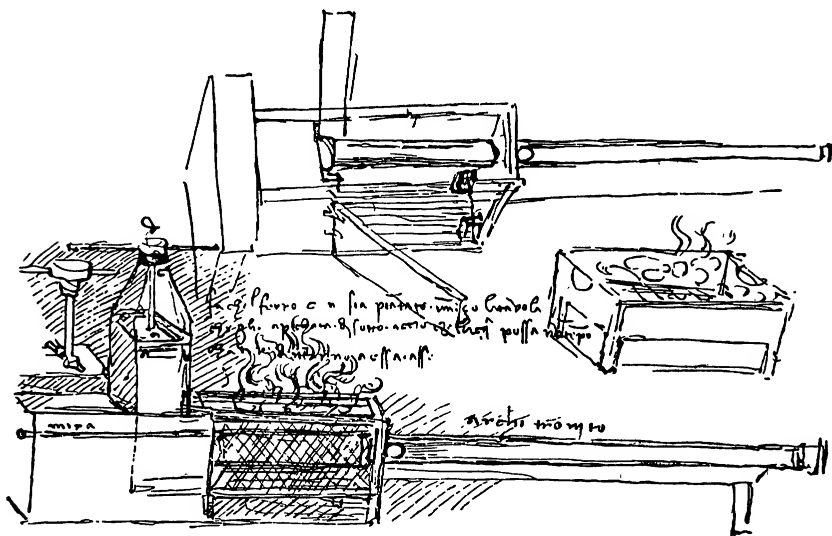
ный из оболочки, в которой рождаются телята и которая очень тонка, придав ему вид пузыря, замкнутого со всех сторон. Сверху мы приладим плоскую доску, шириной равную полости четырехугольного сосуда, т. е. *ab*. Наполним такой мешок наполовину водой и поместим в сосуд. Тогда этот мешок с содержащейся в нем водой займет четырехугольный сосуд до половины, — это будет та половина мешка, которая наполнена водой, а в другой его половине не будет ни воды, ни воздуха. Когда вода испарится и ею наполнится эта вторая половина мешка, она встретится с его крышкой и приведет ее в движение, т. е. приведет в движение противовес *n*, и таким образом пару не представит труда толкать крышку вверх.

Чтобы проверить на опыте, насколько возрастает в объеме испаряющаяся вода, возьми четырехугольный сосуд с водою внутри и огнем снизу и с крышкой, которая может быть толкаема внутри четырехугольного ящичка, поднимаясь до верхнего уровня сосуда. Затем измерь, сколько воды пропало в сосуде, — тогда увидишь, какое количество ее испарилось (Leic., 15).

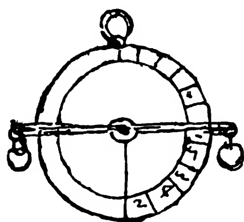
П о д н я т ь т я ж е с т ь н а м а н е р к р о в о с о с н о й б а н к и. Пусть будет сосуд диаметром в локоть и длиною в 10; пусть он будет прочен и внизу пусть будет разведен огонь[3] на манер бомбарды. И сразу надо закрыть это отверстие, а затем немедленно же запереть сверху, — тогда дно, снабженное кожей, поднимается, как очень сильный мех кверху. И это один из способов поднимать вверх любую большую вещь (F, 16об.).

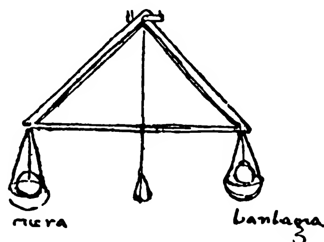


Архигром — изобретение Архимеда, орудие из тонкой меди. Оно бросает железные ядра с большим шумом и силой. И пользуются им так: треть орудия находится среди сильно раскаленных углей, и когда она ими хорошо прокалится, завинти винт *d*, что над сосудом с водою *abc*. И при завинчивании винта сверху сосуд откроется снизу, и вытекшая вода попадет в накаленную часть орудия



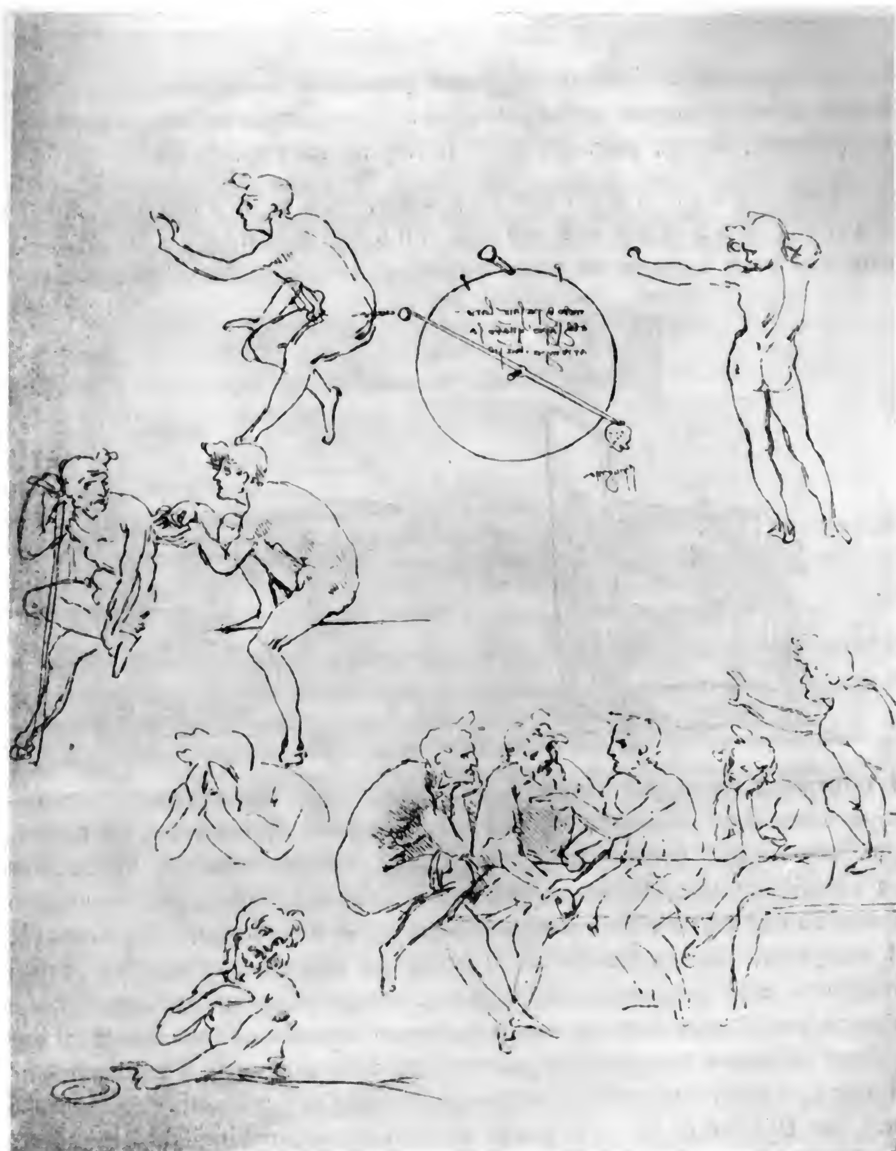
и здесь сразу обратится в такое большое количество пара, что кажется чудом — видеть бешенство и слышать шум. Орудие это метало ядро весом в талант на расстояние шести стадий (В, 33).





Способ знать качество и густоту воздуха и знать, когда будет дождь[4] (С. А., 249об. а).

Способ видеть, когда портится погода. [слева] Воск. [справа] Хлопок (С. А.,8об. b).

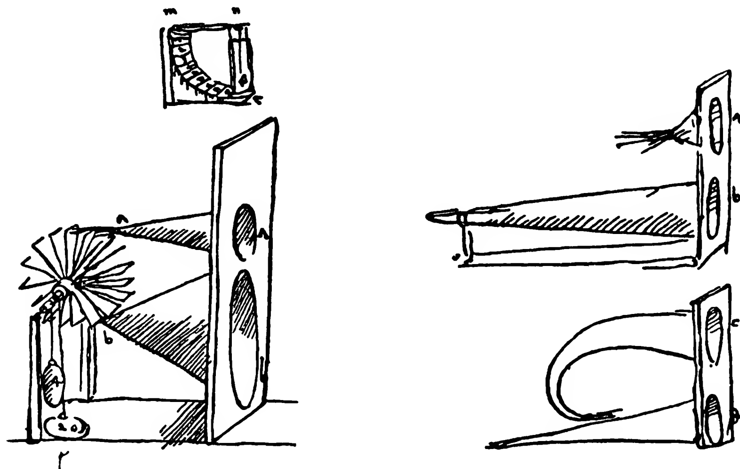


Рисунки человеческих фигур. — Вверху гигрометр (Париж, **Лувр)**

[в середине]. Способ измерять различия воздуха и узнавать, когда должна перемениться погода.

(Париж, Лувр, рис. № 2258 [см. рис. на стр. 487])

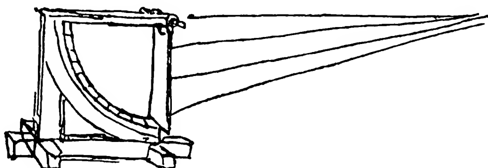
Правила, которые учат, как производить опыты над движением воздуха и воды. Я хочу, чтобы в этом случае ты сделал прибор так, как здесь изображено,



и повернул лицевую поверхность доски с ее пирамидальными отверстиями в ту сторону, откуда дует ветер. И кроме того, ты закроешь маленькое отверстие и заметишь, какую тяжесть поднимает на своей оси колесо, вращающееся под действием пирамидального отверстия *a*; затем ты закроешь отверстие *a* и откроешь большое *b*. И подумай, можно ли сказать: если по причине дуновения через отверстие *a* колесо поднимает 4 фунта, то при условии, что отверстие *b* в пять раз больше отверстия *a*, должно ли оно поднять на том же колесе впятеро больший груз, нежели тот, который поднимало *a*? И так прилежно замечай различия. А если бы у тебя явилось сомнение, не меняется ли дуновение самого ветра, сделай флюгер, как выше показано, и испытай сначала при одном ветре, не уменьшается ли сила при удвоении отверстия устья.

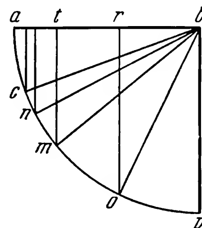
Те же самые испытания ты сможешь произвести с водою и увидишь силу ее движения.

Заметь все различия в силах дуновения, в случае когда эти 4 устья имеют одинаковую величину, а пирамидальная труба *a* имеет величину в один локоть, труба *b* — 8 локтей, труба *c* — 6 и труба *d* — 6 (B. M., 241).



Здесь нужна стрелка, показывающая часы, точки и минуты, чтобы измерить, как велик путь, проходимый течением ветра (C. A., 249 об. a).

Хотя скорость может возрастать до бесконечности, эта линейка не может бесконечно следовать за ней при изменении ее, ибо, после того,как от большой скорости потока (fronte) *b* веревка *ab* совпадет с линией движения, совершаемого концом *a*, она перестанет подниматься выше и никогда не выйдет из своего горизонтального положения *ab*, даже если скорость и возросла бы в огромное число раз. Тем не менее, если к концу *p* веревки *bp* подвесить небольшой груз, то можно будет измерить значительно большее число ступеней скорости *b*. Ступени скорости *b* измеряются на линии *ab*, потому что отношение между скоростями веревок *mb* и *ob* равно отношению между пространствами *tb* и *rb*. И так, при помощи подобной линейки можно измерять скорость вплоть до определенного предела.



Чем больше груз, подвешенный к нижнему концу движущейся веревки, тем лучше можно измерять самые многочисленные ступени

скорости движения. И наоборот: чем меньше груз, подвешенный на этой веревке, тем менее удобно измерять приращения в скорости движения (В. М., 242об.).

Способ распознавать тонкость вод. Ты распознаешь различную тонкость вод, свесив одинаково низко противоположные концы старой полотняной ленты; она должна быть чистой и проникать с той и другой стороны до дна двух сосудов, наполняемых двумя видами воды, которые ты хочешь подвергнуть испытанию. Тогда эти вóды несколько поднимутся вверх по этому полотну и постепенно станут просыхать; и сколько просохнет при подъеме, столько же поступит еще, до тех пор пока весь сосуд не высохнет. А если ты наполнишь сосуды вновь, вся вода станет подниматься в кусок полотна с неощутимой медленностью и будет (как уже сказано) просыхать. Таким образом, кусок будет наполняться остатком испаряющейся воды и по разнице в весе ты сможешь распознать, какая вода более землиста, чем другая (G, 37об.).

Вес воды в воздухе таков же, каков вес равного объема свинца в воде и каков вес мрамора в очищенном ореховом масле (Т. А., VIII, 80).

О радуге и о кругах вокруг Луны

Опиши радугу в последней книге «Живописи». Но сначала напиши книгу о цветах, получающихся из смешения других цветов, дабы иметь возможность показать посредством этих красок живописцев возникновение цветов радуги (W. An., II, 6).

Рождаются ли цвета в радуге от солнца? Цвета радуги не рождаются от солнца, ибо такие цвета многими способами порождаются помимо солнца, как это случается, если приставить к глазу стакан воды, в стекле которого имеются мелкие пузырьки, что обычно бывает в плохих стеклах; такие пузырьки, хотя солнца и не видно, порождают одной из своих сторон все цвета радуги, и это ты увидишь, поставив стакан на воздух и поместив

свой глаз так, чтобы стакан находился в соприкосновении с этим глазом и чтобы через этот стакан с одной стороны проникал свет воздуха, а с другой стороны находилась бы тень стены, сбоку от окна, справа или слева — неважно. И вращая таким образом стакан, ты увидишь внутри названные цвета, — внутри этих стеклянных пузырьков и т. д. И другие способы мы расскажем в своем месте.

Что глаз не участвует в порождении цветов радуги. Глаз в вышеприведенном опыте, повидимому, участвует в порождении цветов радуги, ибо пузырьки стекла сами по себе не являют таких цветов иначе, как при участии глаза. Однако, если ты поставишь подобный стакан полный воды на подоконник так, чтобы с противоположной стороны в него ударяли солнечные лучи, тогда ты увидишь, что вышеназванные цвета возникают посредством действия солнечных лучей, проникающих через этот стакан и кончающихся на полу в темном месте, у подножия этого окна. И так как здесь глаз не действует, мы можем с уверенностью утверждать, что такие цвета, очевидно, не обязаны ничем глазу.

О цветах на перьях некоторых птиц. Существует много птиц в разных областях мира, на перьях которых видно, как возникают красивейшие цвета при их различных движениях, что можно видеть у нас на перьях павлинов и на шеях уток или голубей и т. д.

Также на поверхностях древних стекол, найденных под землей, и в корнях редиса, находившихся долгое время на дне источников или других стоячих вод, было обнаружено, что каждый такой корень окружен дугами, подобными небесной радуге. Она видна в маслянистых веществах, разлитых на поверхности воды, равно в солнечных лучах, отражаемых от поверхности алмаза или берилла; также при рассматривании через ребро берилла всякий темный предмет, граничащий с воздухом или другой какой светлой вещью, окружен такой дугой, которая проходит между воздухом и названной темной вещью. Равно и во многих других случаях, каковые

я оставляю в стороне, поскольку приведенных достаточно для подобного рассуждения (W. An., VI, 21).

О радуге. Радуга порождается ли глазом, т. е. закругленность ее, или солнцем посредством тучи?

Зеркало принимает лишь образы видимых тел, и образы не возникают без этих тел. Итак, если радуга видима в зеркале и сюда стекаются образы, берущие в ней начало, то следует, что дуга эта родится от солнца и тучи.

Если два металлических шара посылают солнечные лучи в темное место, то брызгаемая вода произведет дугу-ириду длинной формы.

Радуга видима в мелких дождях теми глазами, у которых солнце сзади и туча спереди, и всегда воображаемая линия, идущая все прямо от центра солнца, проходя через центр глаза, кончится в центре дуги. И такая дуга никогда не будет видима одним глазом в том же самом месте, в каком видит ее другой; она будет видима во стольких местах тучи, во скольких рождается, т. е. сколько существует глаз, ее видящих. Следовательно, эта радуга вся во всей туче, в которой рождается, и вся в каждом из мест, где она может оказаться видимой, а потому будет она казаться большей или меньшей, половинной, целой, двойной, тройной.

Пусть будет сделано так же с водою, брызгаемою на падающий в темное место солнечный луч, когда солнце сзади, а так же со светом факелов или луны (F,67об.).

Цвета внутри радуги смешиваются друг с другом.

Сама по себе радуга — ни в дожде, ни в глазе, который ее видит, хотя она и рождается от дождя, солнца и глаза.

Небесная дуга видима всегда теми глазами, которые располагаются между дождем и телом солнца; следовательно, когда солнце находится на востоке и дождь на западе, эта дуга рождается в западном дожде (E, обл. об.).

О кругах вокруг Луны. Я нашел, что те круги, которые кажутся окружающими Луну ночью, имея разную вели-

чину и толщину, порождаются влагами разной плотности, находящимися на разной высоте между Луной и нашими глазами. И больший круг менее красен, — он находится в первой, более низкой части названных влаг; второй, меньший, — выше и кажется более красным, ибо мы видим его через две влаги. И так далее: чем они выше, тем меньше и тем менее красными будут казаться, ибо между глазом и ними оказываются более плотные влаги. Тем самым доказывается, что там, где краснота больше, там имеется и большее количество влаг (С. А., 349об. а).





О ЛЕТАНИИ И ДВИЖЕНИИ ТЕЛ В ВОЗДУХЕ



Большая птица начнет первый полет со спины своего исполинского лебедя, наполняя вселенную изумлением, наполняя молвой о себе все писания, — вечной славой гнезду, где она родилась[1] (V. U., внутр. обл.).

С горы, от большой птицы, получившей имя, начнет полет знаменитая птица, которая наполнит мир великой о себе молвой (V. U., 18об.).

Прежде чем приступить к писанию о том, что летает, составь книгу о неодушевленных предметах, опускающихся в воздухе без ветра, и другую о тех, что опускаются при ветре (F, 53об.).

Раздели трактат о птицах на 4 книги. Первая из них будет о летании птиц при помощи взмахов крыльями, вторая — о летании без взмахов крыльями при содействии ветра, третья — о летании вообще, т. е. птиц, летучих мышей, рыб, животных, насекомых, последняя — о движении инструментальном (K, 3).

Говоря о подобной материи, надобно тебе в первой книге определить природу сопротивления воздуха, во второй — анатомию птицы и ее перьев, в третьей — действие этих перьев при различных ее движениях, в четвертой — роль крыльев и хвоста в случае полета без взмахов крыльями при поддержке ветра (F, 41об.).

Определи сначала движение ветра, а затем опиши, каким образом птицы управляются в нем, при помощи лишь простого балансирования своими крыльями и хвостом; и это ты опишешь, сначала написав об их анатомии (W, 12657).

О пернатых. Для того, чтобы дать истинную науку о движении птиц в воздухе, необходимо дать сначала науку о ветрах; ее доказательства будут основаны на исследовании движений воды. Наука эта, в своей сути чувственная, образует лестницу, ведущую к познанию того, что летает в воздухе и ветре (E, 54).

С такой же силой действует предмет на воздух, с какой и воздух на предмет. Посмотри на крылья, которые, ударяясь о воздух, поддерживают тяжелого орла в тончайшей воздушной выси, вблизи стихии огня, и посмотри на движущийся над морем воздух, который, ударяя в надутые паруса, заставляет бежать нагруженный тяжелый корабль; на этих достаточно убедительных основаниях ты сможешь постигнуть, как человек, со своими искусственными большими крыльями, действуя с силой на сопротивляющийся воздух, способен подняться в нем ввысь (C. A., 381об. a).

Столько же дает движение воздуха навстречу неподвижному предмету, сколько и движение движущегося тела навстречу неподвижному воздуху. И сходное бывает в воде, научившей меня в данном случае, что то же самое бывает в воздухе, — на примере парусов кораблей, сопровождаемых боковым сопротивлением кормила (C. A., 395 b).

Что касается движения воды, столько же получается тяжести, когда весло движется против неподвижной воды, как и тогда, когда вода движется против неподвижного весла. Следовательно, если весло движется из *a* в *b*, вообрази, что она движется из *b* в *a* (C. A., 175 c).

То же самое — двигать предмет против неподвижного воздуха и двигать воздух против неподвижного предмета. Следовательно,

птица, ударяя тяжелые крылья о редкий воздух, делает его плотным и способным сопротивляться ее спуску. И если воздух движется против неподвижных крыльев, эти крылья поддерживают тяжесть птицы в воздухе. Если сила движения воздуха будет равна силе спуска птицы, эта птица останется в воздухе без движения. И если движение воздуха будет сильнее, оно одолеет и поднимет птицу ввысь. А если сила движения будет меньше, нежели тяжесть птицы ⟨...⟩ (С. А., 180 а).

Когда сила порождает более быстрое движение, нежели течение сопротивляющегося воздуха, этот воздух будет уплотняться наподобие пуха, придавливаемого и приминаемого тяжестью спящего, и предмет, который гнал воздух, находя в нем сопротивление, отскакивает наподобие мяча, ударившегося в стену (Tr., 6об.).

Воздух поддается сжатию, а вода — нет, и когда движение, которое его гонит, является более быстрым, нежели его собственное течение, тогда та его часть, которая ближе к движущему, становится плотной, а потому сопротивляется больше. И когда движение, совершаемое в нем, является более быстрым, нежели течение этого воздуха, тогда движущее получает противоположное движение, как явствует из примера птиц: не имея возможности гнать концы своих крыльев книзу с тою скоростью, с какой движет их сила их двигателя, птица по необходимости должна подняться вверх настолько, насколько концы крыльев недобирают при своем опускании вниз, — наподобие человека, который держит руки на уровне груди против стены и упирается ими в эту стену: если стена не поддается, человеку приходится откидываться назад (Tr., 13об.).

Почему птица держится в воздухе? Воздух, испытывающий удары движущегося тела с большей скоростью, уплотняется в большем количестве. Это доказывается так: никогда на менее плотном текучем теле не будет держаться более плотное, как явствует из опыта, — наковальня плавает на расплавленной бронзе, а золото и серебро в жидком состоянии не находятся под

расплавленным свинцом. На том же основании, поскольку воздух является телом, способным уплотняться при ударе тела, обладающего движением более быстрым, нежели его собственное течение, этот воздух сжимается и становится в воздухе, его окружающем, чем-то вроде облака по своей плотности [т. е. чем-то более плотным].

Но когда птица находится в ветре, она может держаться на нем без взмахов крыльями, ибо ту же роль, которую при неподвижном воздухе крыло выполняет в отношении воздуха, выполняет движущийся воздух в отношении крыльев при неподвижных крыльях (С. А., 77 b).

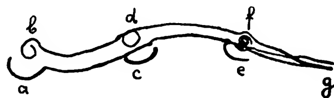
Если движение крыла, давящего на воздух, не будет более быстрым, нежели ускользание воздуха, испытывающего давление, то он под крылом не уплотнится, а следовательно, птица в воздухе не удержится.

В той части воздуха движение подобно движению сжимающего его крыла, которая ближе всего к этому крылу; и та часть будет более неподвижной, которая дальше от этого крыла. Та часть воздуха наиболее уплотняется, которая оказывается ближе всего к сжимающему ее крылу (С. А., 161 а).

Каково качество воздуха, окружающего летающих птиц? Воздух, окружающий птиц, тем тоньше вверху в сравнении с обычной тонкостью остального воздуха, чем плотнее он внизу под птицей, и тем тоньше он сзади в сравнении с верхним воздухом, чем быстрее полет птицы в поперечном направлении сравнительно с движением крыльев в сторону земли. И точно так же плотность воздуха больше спереди, в месте соприкосновения с птицей, чем внизу, в соответствии с обеими указанными тонкостями воздуха (Е, 45об.).

О строении крыла и перьев

Сначала произведи анатомирование птичьих крыльев, а потом их больших перьев (penne) без пуха (piume), а потом—вместе с пухом (Е, 51).



Я нахожу в крыльях птиц три источника силы: первый — *b*, связанный с мускулом *a*; второй — *dc*; третий—*fe*. Теперь я спрашиваю: если часть *g* проявляет свою силу благодаря *fe*, то какую силу, или, вернее, тяжесть, ощущает *ba*? (Forst. III, 34об.).

Ось плеча (spalla) птиц поворачивается мускулами груди и спины и отсюда получается возможность опускать или поднимать его соответственно желанию и необходимости движущегося живого существа (V. U., 14).

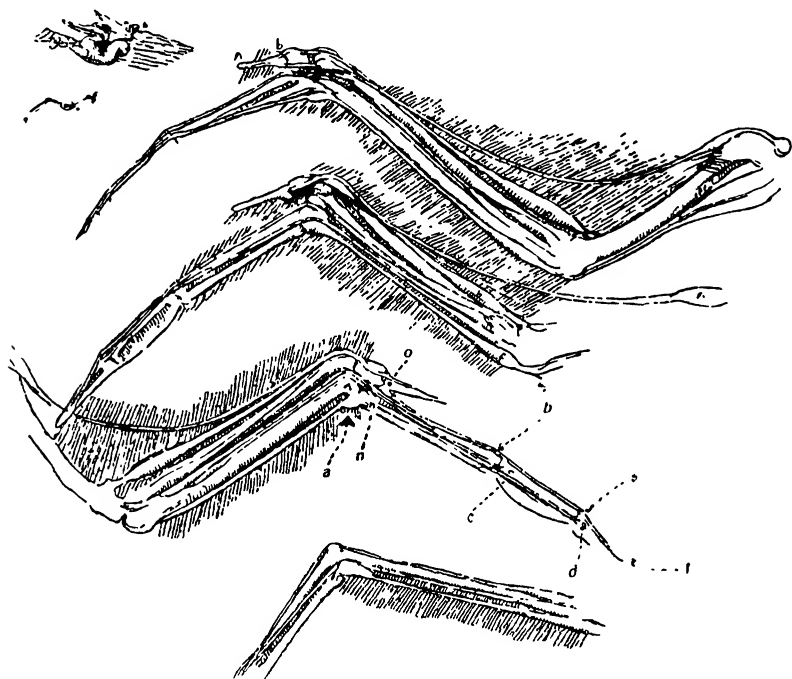
Ни одно движение ладони (mano) или ее пальцев не производится мускулами, находящимися от локтя и выше; так это устроено и у птиц. Вот почему они такие сильные, ибо все мускулы, опускающие крылья, начинаются у груди и обладают бо́льшим весом, нежели вся остальная часть птицы (W. An. A, 12об.).

ab [см. рис. на стр. 499] имеет большое значение, ибо этот орган есть причина, которая держит птицу неподвижно в воздухе на движении ветра. На суставе находятся три сухожилия (nervi), из которых первое внизу кончается в *n*, второе доходит до *c*, а третье и последнее проходит над суставом *s* и кончается в *t*, конце крыла, разветвляясь в *a* и кончаясь [другим концом] в *o* (W., 12656).

Крыло птицы всегда вогнуто книзу в той части, которая простирается от локтя (gomito) до лопатки (spalla), а в остальной части оно выпуклое[2].

В вогнутой части крыла воздух завихряется (raggira), а в выпуклой сжимается и уплотняется (Е, 23об.).

Почему сухожилия (nervi) сильнее на нижней стороне крыльев птиц, нежели на верхней? Это сделано ради движения. Плечо (omero), где помещается руль крыла, вогнуто с нижней стороны наподобие ложки. Эта вогнутость снизу и выпуклость сверху сделаны для того, чтобы подъем



был более легким, а опускание — более трудным, встречая сопротивление, и, кроме всего прочего, чтобы они служили для продвижения вперед посредством отодвигания их назад наподобие терпуга (Е, 46).

Почему маленькие птицы не летают на большую высоту, а большие не любят летать низко? Это происходит по той причине, что маленькие птицы, лишенные пуха, не достигают огромной стужи больших воздушных высот, где летают ястребы, орлы и другие крупные птицы, которые хорошо снабжены пухом и одеты многими слоями перьев. Кроме того, маленькие птицы на слабых и простых крыльях держатся в низком воздухе, который плотен, и не могли бы держаться в воздухе тонком, который обладает незначительным сопротивлением, и т. д. (Е, 43).

О расхождении перьев при подъеме крыльев. Перья в крыльях птиц отходят одно от другого, когда эти крылья поднимаются вверх. И это сделано потому, что крыло с большей легкостью поднимается и проникает сквозь плотный воздух, если оно сквозное, а не сплошное.

О сближении перьев при опускании крыльев. Промежутки между перьями в крыльях птиц сокращаются при опускании этих крыльев, дабы, становясь сплошными, крылья могли препятствовать проникновению воздуха между перьями и при ударе могли бы более мощным взмахом давить на воздух, ударяемый ими, уплотняя его (E, 46).

О перьях, оказывающих сопротивление в крыльях птиц. Перья в крыльях птиц, оказывающие сопротивление, мощно изгибаясь, прикрывают одно другое с верхней стороны, предотвращая проникновение воздуха или прохождение ветра, дабы этот воздух, входя, не расширял и, приподнимая, не раскрывал и не раздвигал соседние перья.

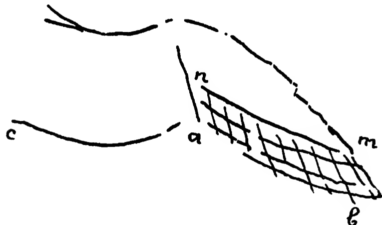
Здесь показывается, каким образом в перьях, находящихся на нижней поверхности крыльев, в перьях, которые должны держаться и тереться в поддерживающем их воздухе, часть одного пера (parte del resistente) располагается под сильной частью другого, ибо перья на нижней поверхности крыльев располагаются длинной и слабой своей частью под короткой и сильной частью следующего пера (E, 46).

О нижней поверхности крыльев. На нижней поверхности птичьих крыльев перья, оказывающие сопротивление, прикрывают друг друга при движении навстречу течению воздуха или ветра, дабы такой ветер или воздух прижимал слабую часть этих перьев к противоположным сильным.

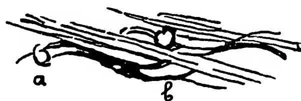
Почему перья, оказывающие слабое сопротивление, находятся под сильными. Слабые перья заходят под сильные с концами, обращенными в сторону хвоста птиц, ибо воздух под пернатыми более плотный, чем над ними, и более

плотный спереди, чем сзади. И при полете необходимость требует, чтобы такие боковые края перьев не оказывались под ударами ветра, ибо в таком случае они сразу же были бы раздвинуты и разъединены друг от друга и ветер тотчас же проникал бы сквозь них. Итак, поскольку выпуклая сторона таких перьев обращена к небу, постольку, чем больше ударяет в них ветер, тем более они опускаются и прижимаются к нижним перьям, с которыми они находятся в соприкосновении, что препятствует проникновению ветра под их боковые поверхности (E, 45об.).





Ты пронаблюдаешь, налегают ли друг на друга перья *ca* так же и в том же порядке, как *ab*; *abnm* заменяют решетку (sportelli) (L, 58).



Часть *ab*, оказывающая сопротивление, будучи гибкой, искривляется по линии того или иного движения воздуха; и то же будут делать листы бумаги, армированные спинными жилами трубок (L, 57).

Я спрашиваю: в какой части ширины нижней поверхности птицы крыло давит на воздух более, нежели в любой другой части своей длины? Всякое негибкое тело, хотя бы его части и имели сами по себе разную толщину и вес, будет всеми ими передавать одинаковую тяжесть всем поддержкам, одинаково удаленным от центра их тяжести, если этот центр находится в середине величины такого тела. Доказательство, что вышеуказанная тяжесть передает одинаковую тяжесть своим поддержкам. Допустим, что она равна 4 фунтам и держится на поддержках *a* и *b*. Я утверждаю,

что если тело не встречает препятствия для своего опускания, кроме как в обеих поддержках *a* и *b*, то эти поддержки примут одинаковую часть такой нагрузки, т. е. 2 и 2, и то же было бы с двумя поддержками *c* и *d*, если бы не было трех других поддержек. И если бы осталась единственная поддержка в *e*, то она была бы нагружена



всей тяжестью. Но если вышеуказанное тело гибкое, имеющее части разной толщины и веса, то, хотя бы центр тяжести и находился в центре его величины, поддержка, ближе расположенная к центру тяжести или к центру неодинаковых тяжестей, не будет нагружена больше, чем та, которая находится над частями более легкими.

Те перья, которые более удалены от места своего прикрепления, будут более гибкими. Следовательно, вершины перьев в крыльях всегда будут выше, чем их начало. На этом основании мы вправе сказать, что кости крыльев при опускании окажутся ниже любой другой части крыла, а при подъеме—выше любой другой части такого крыла, ибо всегда более тяжелая часть становится вождем движения (V. U., 4 об.).

О пернатых. Концы крыльев изгибаются гораздо больше от давления о воздух, нежели от движения птицы по воздуху без взмахов этими крыльями.

Простая часть крыла [т. е. не имеющая кости] отгибается назад при быстром спуске птиц по наклону. Доказывается 3-м [положением] настоящей [книги], гласящим: «Из предметов, способных изгибаться от удара воздуха, тот искривится наиболее, который длиннее и который менее поддерживается с противоположной стороны». Следовательно, наиболее длинные перья крыльев, поскольку они не прикрыты другими перьями, вырастающими за ними, и не соприкасаются друг с другом от середины до конца, будут способны изгибаться, согласно 9-му [положению] настоящей [книги], гла-

сящему: «Из предметов, одинаково способных гнуться, тот изогнется больше, сквозь который раньше проходит воздух». И это мы докажем 11-м [положением], гласящим: «Из одинаковых и равных друг другу предметов, изгибаемых ветром, тот изогнется больше, который будет испытывать удары более плотного воздуха, и т. д.»



Этот руль *a* расположен около места, где перья крыльев изгибаются. Будучи очень крепким, он мало или вовсе не изгибается как потому, что находится в очень прочном месте и снабжен сильными сухожилиями (nervi), так и потому, что сам состоит из твердой кости и одет перьями наиболее сильными, одно из которых является поддержкой и арматурой другого (E, 23).

Все перья крыльев, которые начинаются под предпоследними перьями тех же крыльев, способны изгибаться при полете птиц, и более гибкими являются те, которые не прикрывают друг друга, т. е. те, которые становятся сквозными при полете (E, 51).

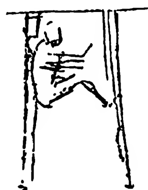
Пух и перья, находящиеся под крыльями, имеют концы гораздо более ломкие, или, вернее, гибкие, нежели на концах крыльев и хвоста, а впереди они твердые,— там, где рассекается воздух (C. A., 308 b).

Крыло изгибается тем более, чем быстрее движется птица за то же самое время.

Какая разница между выгибанием концов крыла и невыгибанием их? Такое выгибание вверх и вниз необходимо для летания птиц или нет? Мы видим ведь, что даже при самом незначительном подрезании этих концов птица почти вовсе лишается способности летать! (K, 10).

Пернатые. Полет птиц мало эффективен, если концы их крыльев неспособны изгибаться. Доказывается 5-м [положением книги] «О началах», гласящим: «Сила, действующая в боковом направлении, препятствует спуску тяжелых тел». Это можно видеть

на примере человека, прислоняющегося ногами и поясницей к двум противоположным стенкам. Мы видим, что так делают трубочисты и так же в значительной мере делает птица при помощи боковых загибов на концах своих перьев, прилегающих к воздуху и изгибающихся (E, 36).



Если трубочист весит 200 фунтов, какую силу он производит ногами и спиной о стенки трубы? (Forst. III, 19об).

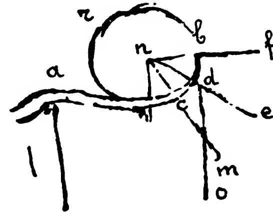
Когда птица спускается по сильно отлогой линии без взмахов крыльями, концы крыльев и хвоста изгибаются вверх, и такое движение — медленное. Птицу поддерживает не только воздух, находящийся снизу, но и воздух боковой, к которому под равными углами обращена выпуклость изогнутых перьев (C. A., 97об. a).

Необходимо или нет изгибание концов крыльев? Воздух, который находится под изогнутыми концами опускающихся крыльев, — более плотный, чем любой другой, находящийся под птицей; и так бывает при взмахе крыльями. Доказывается 7-м [положением книги] «Об ударе», где говорится: «Удар будет тем сильнее, чем длиннее путь ударяющего». Стало быть, при опускании одновременно со всем крылом, та часть его движется более быстро за одно и то же время, которая более удалена от точки опоры, а, следовательно, тот воздух, который испытывает более быстрый удар, и уплотняется больше. Отсюда следует также, что изгиб вершины крыла подобен пружине или насильственно согнутому луку, изгиб которого уплотняет воздух, находящийся с ним в соприкосновении.

Но когда такие крылья поднимаются вверх, их вершины продолжают опускаться, пока не выпрямятся, а потом изгибаются в противоположную сторону, т. е. если конец крыла при опускании обращен к небу своей вогнутой частью, то при подъеме крыла он повернется ею к земле.

Та часть стержня движется быстрее, которая дальше отстоит от своего двигателя. И отношение между скоростями такое же, какое и между расстояниями, если движущийся стержень не гнется (Е, 47).

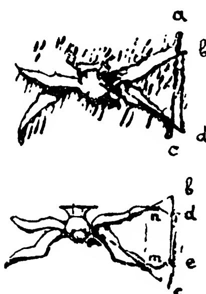
Необходим или нет изгиб на концах крыльев? Изгиб, образующийся на концах крыльев, когда эти крылья ударяют и давят воздух, уплотняющийся под ними, оказывает великую помощь при полете птиц. Помимо того, что они давят на находящийся под ними воздух, они уплотняют и соседний воздух по бокам, согласно 4-му [положению] 2-й [книги], гласящему: «Всё насильственное стремится разрешиться по ближайшим линиям породившего его движения». И согласно 7-му: «Всякая прямизна, искривляемая насильственно, имеет линии своей силы, направленные к центру конечного круга».



От начальной кривизны конца крыла, например, крыла *acdb*, искривляющегося на своем конце *cdb*, я черчу круг *cdbr*, центром которого будет *n*. От этого центра я проведу линию *nf*, проходящую через вершину крыла. Другие линии будут *ne* и *nm*, а между ними — бесконечное число воображаемых еще других. Все они проходят через искривленную часть крыла *bdc*, образуя так называемые перпендикуляры [к касательным]. Следовательно, сила такого конца крыла *bdc* направлена по линиям *bf*, *de* и *cm*, из которых *bf* находится за] пределами птицы, как показывает линия *bo*, и т. д. (Е, 47об.).

Когда крылья поднимаются кверху, концы их продолжают опускаться до тех пор, пока не выпрямится образовавшаяся кривизна; затем эти концы выгибаются в противоположную сторону, доводя такой изгиб до точки их высшего подъема; и хотя бы само крыло и двигалось вниз, этот конец продолжает подниматься до тех пор, пока не исчезнет первая кривая и не образуется вторая, обращенная в противоположную сторону.

На основании вышеуказанного концы [гибких] крыльев совершают большее движение, нежели то, которое они должны были бы совершать при той же длине, будучи несгибаемыми. Доказательство. Пусть движение концов гибких крыльев *ac*, а негибких *bd*; движение гибких крыльев *ac*[4] превосходит движение крыльев негибких *bd*. То, что одна из линий этих движений больше другой, доказывается тем, что одна является частью другой.



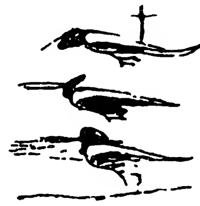
С другой стороны: так как концы крыльев при подъеме и опускании совершают меньшее движение, нежели часть перьев, к ним примыкающая, и так как, прежде чем эти концы крыльев начнут простираться [вверх], часть перьев, к ним примыкающая, уже двинется обратно, в противоположном направлении, необходимо, чтобы конец таких перьев поворачивал обратно вместе с остальной частью перьев и одновременно продвигался вперед, — наподобие пальца, который поднимается настолько же, насколько опускается ладонь; о таком пальце мы говорим, что он неподвижен, ибо он не меняет положения. Вот почему мы можем сказать, что конец гибкого крыла обладает таким же движением, как и в случае крыльев не гибких (E, 46об.).

На плечах крыльев у каждой птицы имеется два руля[5]. Они, без какого-либо изменения в положении крыльев, имеют способность заставлять птиц производить различные движения между верхом и низом. Лишь в поперечных движениях участвует руль хвоста (L, 54об.).

О руле, расположенном на плече крыльев. Руль, расположенный у птицы на плече крыльев, служит для того, чтобы принимать своей лицевой стороной удар ветра, когда она хочет внезапно остановить свой спуск, без отраженного движения. Ведь если бы птице при указанном спуске пришлось останавливаться посредством поднимания плеча и опускания концов крыльев, при-

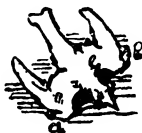
нимая удар воздуха навстречу импульсу спуска, то, без сомнения, отражение совершило бы огромный отскок в сторону неба в то самое время, когда птица была бы в уверенности, что опускается по соседству своей добычи. Вот почему природа, наставница такого животного, создала руль крыльев с мощной костью, сухожилием и перьями. Посредством своих поворотов этот руль утолщает тонкую поверхность плеча крыльев и без отраженного движения замедляет стремительный спуск птицы. Потому-то он и сделан очень крепким и находится на лицевой стороне плеча.

Его поднимание и опускание является причиной, почему плечо крыла, рассекая воздух и проникая в него, входит под или на течение ветра. Он применяется также, когда птица неподвижно держится в воздухе (W, 12657).



Об изгибании конца крыла в тех случаях, когда птица, летя без взмахов крыльев, хочет удержаться под определенной струей воздуха, на которой она скользит или поднимается. И когда она хочет повернуть вверх или вниз, вправо или влево, она пускает в ход такие рули следующим образом, а именно: если птица хочет подняться вверх,она поворачивает руль оборотной стороной к удару ветра; если она снижается, она ставит лицевую поверхность руля наклонно к течению ветра; если она поворачивает вправо, то ставит правый руль против ветра, а если поворачивает влево, то к ветру обращается левый руль (K, 7об.).

Все начатки вещей зачастую оказываются причинами огромной важности. Это мы видим на примере незначительного, почти неощутимого движения руля, который способен повернуть корабль удивительных размеров, нагруженный величайшей тяжестью и находящийся среди такой большой массы воды, обременяющей его со всех сторон; он способен повернуть корабль вопреки течениям стремительных ветров, при наличии столь больших парусов. Вот почему мы можем быть уверены, что посредством малейшего движения крыла и хвоста, входящих под или на ветер, птицам, держащимся на течении ветров без взмахов крыльями, вполне возможно воспрепятствовать своему спуску (C. A., 308об.b).

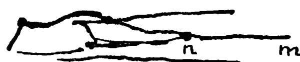


ab — рули крыльев применяются при быстром спуске птицы, когда она хочет напасть на добычу; и когда она хочет перелететь с одного места на другое, не замедляя движения, она применяет те же рули. Если бы их не было, нужно было бы приводить в действие все крыло, которое, будучи широким, значительно замедляло бы начатое движение, а это не входит в намерения птицы (E, 49).

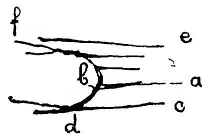
Рулем крыла *cad* будет мускул *ab*. Когда птица готова быть опрокинута клином ветра, этот руль гораздо легче и быстрее способен становиться под ветер, нежели вся поверхность крыла. Таким образом, когда образуется клин в ветре, этот руль является причиной, облегчающей последующее опускание всей поверхности крыла. Его можно поэтому назвать доподлинным рулем крыла, управляющим движениями его сверху вниз, подобно тому как хвост есть руль, управляющий движениями туда и сюда (С. А., 77об. b; 1503 г.).



Ребро *a* руля крыла, или большой палец руки птицы *ba* — то, что ставит сразу же плечо крыла под ветер или на ветер. И если бы это плечо не было режущим, с тонким и крепким режущим краем,



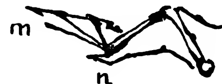




крыло не могло бы сразу вступать под или на ветер, когда птице представлялась бы в том необходимость. В самом деле: если бы это плечо было округлое и ветер ударял бы в крылья снизу, а непосредственно затем должен был бы ударять в крыло сверху, то при ударе сверху сила ветра оказывает неполное действие, ввиду того что клин ветра, который простирается от середины плеча вниз, поднимает крыло вверх почти с той же силой, какую верхний ветер

производит, гоня крыло вниз. Доказательство: пусть плечо крыла будет *fbd*, и *efcd* — все количество ветра, ударяющее в это плечо, а половина этого ветра — *abcd*, ударяющая от вершины плеча *b* до *d*; и так как линия этого плеча *bd* наклонна, то ветер *abcd* образует клин при встрече с *bd* и поднимает его вверх; а верхний ветер *abef*, ударяющий в наклон *bf*, образует клин и толкает крыло вниз. Таким образом, обе указанные противоположности не позволили бы плечу сразу же становиться под или на [ветер] при движении птицы, смотря по надобности. Это последнее осуществляется благодаря наличию руля на круглом плече — руля, который служит щитом и режет сразу ветер так, как этой птице нужно (что можно видеть на чертеже под буквами *mn*) (V. U., 11об.; 9об.).

Большой палец *n* ладони *mn* есть тот, который, когда ладонь опускается, опускается более, чем ладонь, так что закрывает и преграждает выход потоку воздуха, сжатого опусканием ладони, отчего в этом месте воздух сгущается и противится гребле крыльев. Вот почему природа сделала в этом большом пальце такую крепкую кость, с которой соединены крепчайшие сухожилия (nervi) и короткие перья большей силы, нежели прочие перья на крыльях птиц, — ведь этим пальцем птица упирается в уплотненный воздух всей мощью крыла и всей своей силой, ибо посредством него птица движется вперед; и палец этот играет ту же роль в отношении к крыльям, что когти у кошки, когда она влезает на деревья.



Но когда крыло обретает новую силу, возвращаясь вверх и вперед, тогда большой палец крыла располагается по одной прямой линии с другими пальцами и так, своим режущим краем, рассекает воздух; он играет роль руля, который всегда разделяет воздух, если птица хочет каким-либо движением подняться вверх или спуститься вниз (V. U., 13об.).

Великую усталость испытывает ладонь со стороны большого пальца (или руля крыла), ибо эта часть ударяет о воздух (V. U., 18).

Рули, расположенные на плечах крыльев, состоят из очень крепких перьев, ибо они исполняют наибóльшую работу по сравнению со всеми прочими (E, 49).

О плавании и летании

О д в и ж е н и и. Плавание показывает способ летания и показывает, что тяжесть, имеющая более широкую поверхность, оказывает большее сопротивление воздуху. Посмотри на лапу гуся: если бы она была всегда разжата или сжата одинаково, то животное не могло бы произвести никакого движения; изгиб лапы снаружи чувствовал бы больше воду при движении вперед, чем сделала бы эта лапа при отодвигании назад, и сказанным подтверждается, что одна и та же тяжесть, чем шире становится, тем медленнее в своем движении делается.

Посмотри, как, передвигаясь по воде, гусь при движении лапы вперед сжимает ее и занимает мало воды и потому делается быстрым, а, отодвигая назад, разжимает ее и потому замедляет свое движение, и тогда становится быстрее та его часть, которая соприкасается с воздухом (M, 83).

Плавание в воде учит людей тому, как поступают птицы в воздухе (С. А., 66 b).

Напиши о плавании под водой и получишь летание птицы по воздуху (С. А., 214 d).

О п л а в а н и и и о л е т а н и и. Всегда, когда сталкиваются друг с другом две силы, более быстрая отскакивает назад. Так делает рука пловца, толкающая воду и прилегающая к ней,— она заставляет ускользать его тело в противоположном направлении. И так делает крыло птицы в воздухе (F, 41об.).

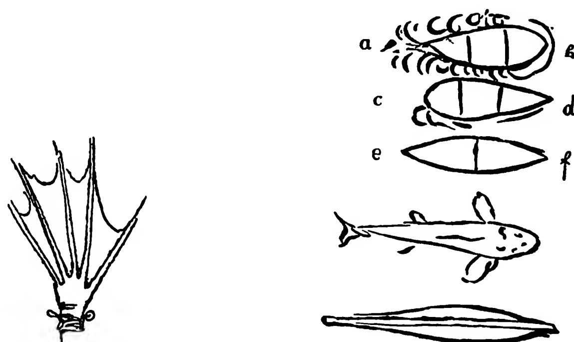
О способе, которым плавают рыбы; о способе, как они выскакивают из воды, что мы видим делают дельфины и что кажется вещью удивительной,— они совершают прыжок над тем, кто их не только

не ждет, но и обратился в бегство. О плавании животных, имеющих удлиненную форму, каковы угри и т. п. О способе плыть против течений и больших речных водопадов. О способе, каким плавают рыбы, имеющие округлую форму. О том, что животные, не имеющие расчлененной лапы (unghia fessa), не умеют плавать. О том, что все прочие животные способны плавать от природы, если их ноги имеют пальцы, за исключением человека. Каким образом человек должен учиться плавать. О способе, как человек должен отдыхать на воде. Как человек должен защищаться против водоворотов, или круговых движений воды, увлекающих его на дно. О том, как человек, увлекаемый на дно, должен выискивать отраженное движение, выбрасывающее его с глубины. Как нужно действовать руками. Как нужно плавать на спине. О том, что нельзя находиться под водой дольше, чем можно удержать дыхание. О том, каким образом многие находятся некоторое время под водой благодаря прибору. Как и почему не пишу я о своем способе оставаться под водою столько времени, сколько можно оставаться без пищи. Этого я не обнародываю и не оглашаю из-за злой природы людей, которые такой способ использовали бы для убийств на дне морей, проламывая дно кораблей и топя их вместе с находящимися в них людьми; и если я учил другим способам, то это потому, что они не опасны, так как над водой показывается конец той трубки, посредством которой дышат и которая поддерживается кожаным мехом или пробками (Leic., 22об.).

Ту же роль выполняет птица крыльями и хвостом в воздухе, какую пловец руками и ногами в воде.

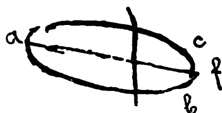
Если человек плывет с руками, одинаково обращенными к востоку и лицо его смотрит на восток же, то движение этого пловца будет на восток. Но если его северная рука проходит более длинный путь, чем южная, тогда движение его продольной оси будет к северовостоку; если же правая рука проходит более длинный путь, чем левая, движение человека будет к юго-востоку (V. U., 11об.).

Перчатка с перепонками для плавания в море (B, 81об.).



Эти три судна одинаковой ширины, длины и глубины, будучи движимы равными силами, произведут разные скорости движения; ибо судно, поворачивающее более широкую свою часть вперед,— более быстро и по форме подобно птицам и рыбам-долгоперам. Вот это судно [см. рис.] рассекает по бокам и перед собою большое количество воды, которая затем своими круговращениями толкает судно на две трети сзади, и обратное делает судно *dc*, а *ef* — по движению среднее между двумя вышеуказанными (G, 50об.).

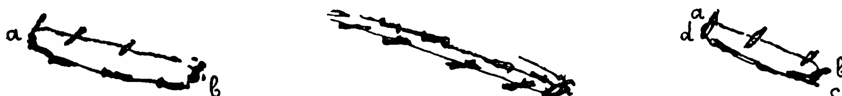
Конец крыла у птицы направляет ее движение в воздухе так, как это делает конец весла в воде или рука (т. е. ладонь) пловца под водой. Но здесь рождается сомнение. Оно таково: если птица передвигается по линии *fa*, проходит ли движущееся назад крыло, т. е. конец крыла, движущийся из *a* в *f*, проходит ли он свой путь по *abf*, гоня птицу вперед, и возвращается назад к *a* по верхнему пути *fca*, или же он действует, как рука пловца под водой, которая гонит вперед по верхней линии *acf* и возвращается назад по *fba*? (K, 13).



Ладонь руки всегда движется от *a* до *b* под углами почти равными, опускаясь и давя о воздух, а в *b* сразу же переворачивается ребром и возвращается назад, поднимаясь по линии *cd*. Достигнув *d*, она сразу поворачивается лицевой стороной и движется, опускаясь по

линии *ab*, а на повороте всегда поворачивается вокруг центра своей ширины.

Поворачивание руки назад, ребром, будет происходить с большой скоростью, а давление назад, лицевой стороной, — с той скоростью, какую требует крайняя сила двигателя.



Движение конца пальца не одно и то же при движении вперед и назад, в последнем случае оно происходит по более высокой линии; здесь помещена фигура, образованная верхней и нижней линиями,— овальная, в виде длинного и узкого овала (V. U., 18).

О движении крыльев при полете без ветра

При подъеме крыльев птица движет их частью вперед и частью вверх; все крыло, как и каждое перо в отдельности, движется ребром, и, кроме того, крыло становится сквозным. При опускании вниз птица гонит его назад, лицевой стороной к воздуху или ветру, скважины между перьями во всем крыле пропадают, и оно образует сплошное целое (L, 56об.).

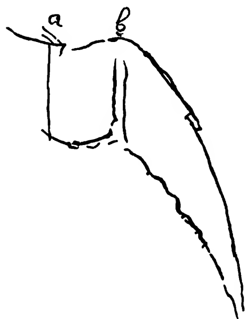
Движение *ab* гораздо значительнее, чем движение *bc*, как вниз, так и назад (L, 57).



Птицы, которые быстро летают на постоянной высоте от земли, обычно бьют своими крыльями вниз и назад: вниз — насколько нужно, чтобы противостоять спуску пернатого, назад — чем быстрее оно хочет продвигаться вперед (L, 59об.).

Птица, бьющая своими крыльями, поднимает свое плечо больше кпереди, чем кзади. Это она делает, чтобы приобрести движение, ибо, если бы крылья двигались равномерно сверху вниз, птица не сдвинулась бы со своего первоначального места (С. А., 97об. а).

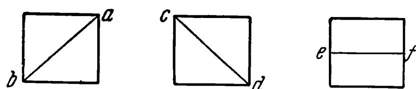
Какое движение у крыльев более быстрое? Движение крыльев у птицы двоякое, поскольку одно направлено к земле, а другое — к месту, куда она летит. Движение, совершаемое в сторону земли, препятствует опусканию птицы, а удары назад гонят птицу вперед (Е, 45).



Крылья ласточки весьма отличны от крыльев коршуна, ибо рука (braccio)— очень короткая, а ладонь (mano) — длинная. И при полете они ударяют по двум направлениям, а именно: ладонь гребет в сторону хвоста, а рука в сторону земли. И таким образом одно движение гонит птицу вперед, а другое поддерживает ее на высоте, и при желании птица дает обоими крыльями направление в одну сторону (С. А., 369 а).

При своем полете без содействия ветра птица опускает одну половину крыла вниз, а другую половину, ближе к концу, посылает назад. Та часть, которая движется вниз, препятствует опусканию этой птицы, а та, которая отодвигается назад, толкает птицу вперед (К, 12об.).

Ладонь (mano) крыла — то, что производит импульс; и тогда рука его (braccio) поворачивается ребром, дабы не мешать движению, порождающему импульс; а когда этот импульс возник, рука опускается и становится наклонно и, будучи наклонной, делает из воздуха, на котором находится, как бы клин, на котором крылу удается подняться. И если бы движение птицы происходило не так, то в то время, когда крыло движется вперед, птица опустилась бы в направлении истощающегося импульса; но опуститься она не может из-за того, что, насколько слабеет импульс, настолько же удар этой руки противится спуску, вновь поднимая эту птицу вверх.



Скажем, что импульс — силою в 6, и птица — весом в 6, и в

середине движения импульс изменяется в 3, а вес все еще остается равным 6; здесь птице пришлось бы опуститься средним движением, т. е. по диагонали квадрата, а крыло, наклонное в противоположном направлении, также по диагонали этого квадрата, не дает опускаться такой тяжести, тяжесть же не дает подняться птице; так что в результате птица двигается по прямому направлению. Например: опускание птицы вышеназванным средним движением должно бы нисходить по линии *ab*, а по причине наклона крыл в противоположном направлении должно бы подниматься по линии *dc*; отчего, по указанным выше причинам, птица движется по горизонтали *ef*.

Локти животного не опускаются целиком в самом начале, ибо при начальной стремительности импульса птица подскочила бы вверх,— она опускает их лишь насколько это нужно, чтобы помешать спуску, в соответствии со своей волей и желанием.

Когда птица хочет скользнуть сразу вверх, она, породив импульс, сейчас же опускает локти.

Но если она хочет опуститься, то, после того как импульс создан, держит локти поднятыми неподвижно (V. U., 14об.).

Всегда при подъеме ладони (mano) локоть (gomito) опускается и давит на воздух, а при опускании этой ладони локоть поднимается и становится ребром, чтобы не мешать движению посредством того воздуха, который ударял бы в него. Опускание локтевых частей в то время, когда птица вновь перемещает крылья вперед ребром, несколько под ветром, направляемая приобретенным импульсом, является причиной, благодаря которой ветер ударяет снизу в эту локтевую часть и образует клин; при помощи его птице с указанным импульсом, без взмахов крыльями, удается подняться. И если она весит 3 фунта, а грудь ее составляет $^1/_3$ ширины, то крылья ощущают лишь $^2/_3$ этого веса (V. U., 18).

Импульс поддерживает птицу при ее полете в то время, когда крылья ее не давят на воздух, а поднимаются вверх (С. А., 307 b; 1488—1490 гг.).

Пернатые. Простое движение, присущее крыльям птиц, легче при их поднимании, нежели при их опускании, и эта легкость движения порождается двумя причинами. Первая из них заключается в том, что тяжесть, опускаясь, заставляет несколько приподниматься крылья сами собою. Вторая обусловлена тем, что крыло — выпуклое сверху и вогнутое снизу, а потому воздуху проще убегать от удара крыльев при их подъеме, нежели при их опускании, когда он, будучи заключен в вогнутости этого крыла, скорее уплотняется, чем убегает (Е, 39).

О поднимании и опускании крыльев. Птицы поднимают свои раскрытые крылья с большей легкостью, нежели опускают их. И это доказывается 3-м [положением] этой [книги], гласящим: «Выпуклые части тел способны проникать через воздух более, чем вогнутые их части». Отсюда следует, что, поскольку у птиц крылья выпуклые сверху и вогнутые снизу, они будут поднимать свои крылья с большей легкостью, нежели опускать их (Е, 46).

О пернатых. Полет птиц всегда бывает при подъеме их крыльев более медленным, нежели при их опускании; это обусловлено необходимым отдыхом, который требуется после непосредственно предшествующей усталости утомленных членов; а кроме того, быстрота при подъеме крыльев не нужна столь же, как при их опускании, поскольку при долго продолжающемся движении в птице порождается импульс, перемещающий ее. Птице достаточно лишь вновь поднять крылья на ту высоту, откуда они опустились, поднять в тот момент, когда указанный импульс начинает склоняться вниз (что становится заметным по склонению птицы). Но когда птица хочет приобрести еще бо́льшую скорость, она вновь набирает импульс ближе к его источнику, ударяя крыльями более часто, с наиболее глубокими и быстрыми движениями, какие для нее в этом случае возможны (Е, 38об.).

О пернатых. Птица, которая хочет двигаться по направлению, параллельному земле, всегда по необходимости ощущает

при опускании крыльев больше затруднений внизу, чем вверху,— в ту же самую меру, в какую она книзу весит больше по сравнению с тяжестью в направлении своего горизонтального движения. Доказывается 13-м [положением] настоящей [книги], где говорится: «Всякое тяжелое тело передает свою тяжесть по линии своего движения, и тем больше или меньше, чем быстрее или медленнее это движение».

При полете птицы, которая хочет подняться ввысь, крылья ощущают внизу тем больше затруднений, нежели вверху, чем бо́льшую тяжесть эта птица передает книзу по сравнению с той, которую она передает кверху (Е, 22).

Существуют некоторые птицы, которые имеют обыкновение двигать свои крылья при опускании с большей быстротой, чем при подъеме. Это можно видеть на примере голубей и им подобных. У других птиц опускание крыльев более медленно, чем поднимание; это можно видеть на примере вороны (cornacchio) и других подобных птиц (L, 59об.).

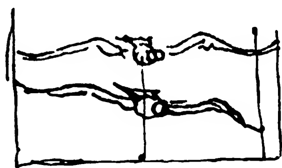
Когда птица летит, махая крыльями, она не вытягивает крыльев вполне, потому что концы крыльев были бы слишком удалены от рычага и от сухожилий (nervi), их движущих (V. U., 10).

Когда птица поднимает крылья, она сближает концы их, а опуская, отдаляет их вплоть до середины движения, от середины же книзу — снова сближает (К, 12 об.).

О концах поднимаемых крыльев. Концы крыльев, поднятых до своего высшего положения, более удалены друг от друга, нежели тогда, когда они опущены до своего низшего положения (Е, 46 об.).

Об устойчивости и равновесии при полете без ветра

Центр тяжести рыбы, горизонтально расположенной в воде, или птицы, горизонтально расположенной в воздухе, находится посредине между концами, оказывающими одинаковое сопротивление (С. А., 214 d).



Одинаковое сопротивление крыльев у птицы всегда вызывается тем, что они одинаково удалены своими концами от центра тяжести этой птицы. Но когда один из концов крыльев окажется ближе к центру тяжести, чем другой конец, тогда птица опустится той стороной, на которой конец крыльев ближе к центру тяжести (V. U., 14).

Птица опускается той стороной, на которой конец крыла ближе к центру ее тяжести (С. А., 45 а).

То крыло, которое более простирается, ударяет о большее количество воздуха и, следовательно, менее опускается, нежели крыло, более подобранное. Отсюда следует, что спуск такого летающего существа произойдет по линии того крыла, которое более подобрано (С. А., 214об. а).

Опускание птицы всегда будет тем концом, который ближе к центру ее тяжести.

Более тяжелая часть опускающейся птицы всегда будет находиться перед центром ее величины.

Когда птица, находящаяся в горизонтальном положении, переместит центр сопротивления крыльев назад от своего центра тяжести, тогда такая птица опустится головой вниз.

Птица, находящаяся в горизонтальном положении, у которой центр сопротивления расположен впереди центра тяжести, птица эта упадет хвостом, повернутым к земле.

Когда, без содействия ветра, птица остается в воздухе, не махая крыльями, в горизонтальном положении, это свидетельствует, что центр тяжести совпадает с центром ее величины.

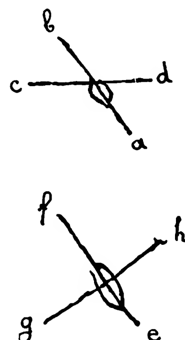
Более тяжелая часть птицы, которая опускается головой вниз, никогда не будет выше или на равной высоте с более легкой ее частью.

Если птица будет падать хвостом вниз, то, откидывая хвост назад, она вернется в горизонтальное положение, а откидывая вперед, должна была бы опрокинуться (V. U., 7об.).

О предметах, которые движутся в воздухе, и об их опускании. Доска с параллельными сторонами, везде одинаково широкая и тяжелая, расположенная горизонтально, при везде одинаковом сопротивлении станет равномерно опускаться всеми своими частями. И если такая доска будет расположена в воздухе в наклонном положении, опускание ее произойдет по одному наклону, что доказано будет в своем месте.

Форма лицевой части и хвоста, которую имеет предмет, движущийся в воздухе или воде, определяет его отклонение от прямого пути. Неоднородность спереди или на концах однородного тела, движущегося в воздухе, отклоняет вправо или влево, вверх или вниз, или по какому-либо наклону прямолинейное движение названного тела (E, 48).

Наклоны плоских поверхностей бывают двоякие; одни из них называются простыми, другие — сложными. Простым является тот, который везде одинаково обращен в одном направлении, например на юг, на запад или куда-нибудь еще. Сложным — тот, который обращен по двум направлениям, например на восток и юго-восток. На простых плоских поверхностях, расположенных наклонно, и притом квадратных, движение тела будет происходить параллельно стороне квадрата, если верхний край его горизонтален.



Простой наклон птицы — такой, когда птица держит центральную линию корпуса наклонной, а центральная линия крыльев горизонтальна. Так, *ab* — центральная линия корпуса, расположенная наклонно, а линия *cd* — линия крыльев, расположенная по горизонтали.

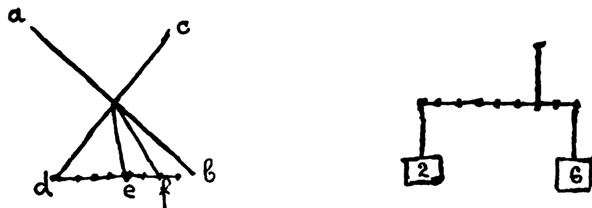
Сложным наклоном будет называться тот, при котором центральная линия корпуса и центральная линия крыльев обе наклонны. Так, *ef* — центральная линия корпуса и *gh* — центральная линия крыльев (C. A., 66об. b).

Птица всегда будет опускаться (всецело или частично) по той линии, где центр ее тяжести ближе к крайним точкам ее ширины. Что спуск происходит всецело в ту сторону, которая ближе к центру ее тяжести, говорится тогда, когда ближе к такому центру тяжести оказывается одна единственная часть, концы же других противолежащих частей находятся на одинаковых расстояниях от него. Так, например, если птица подбирает голову под грудь, крылья остаются одинаково отстоящими от середины, а хвост выпрямлен и широкий, — в этом случае птица будет опускаться головой вперед и ее тело направит свою центральную линию по линии подобного движения.

Однако если при таком движении одно крыло сократится в сторону указанного центра, то спуск птицы будет совершаться по линии, проходящей между подобранным крылом и ее головой.

А если при движении одинаково раскрытых крыльев хвост изгибается в сторону одного из крыльев, то движение будет совершаться по линии, проходящей между головой птицы и ее противоположным крылом. Если, наконец, только голова изогнется в сторону одного из одинаково раскрытых крыльев, то наклонный спуск будет совершаться по линии, проходящей между головой и тем крылом, к которому голова приблизилась (C. A., 66 b).

Если птица продольной осью своего тела готова опускаться к западу по 6 градусам наклона, а поперечной осью своих про-

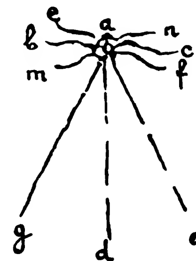


стертых крыльев опускаться к югу по 2 градусам наклона, то я утверждаю, что ее прямой спуск произойдет посредине, между западом и юго-западом. Доказательство: пусть длина птицы *ba*, обращенная к западу точкой *b*, а линия *dc* — ширина крыльев, обра-

щенных к югу нижним концом *d*. Так как линия *ab* имеет 6 градусов наклона к западу, а линия *cd* имеет 2 к югу, что в итоге дает 8 градусов, они охватывают 8 четвертей, т. е. 2 ветра: *d* — южный, *e* — юго-западный, *b* — западный, эти два ветра ограничивают два промежутка *de* и *eb*. Прямолинейное движение будет тем ближе к *b*, нежели к *d*, чем больше сила *b* по сравнению с силой *d*. Таким образом, если *b* равно 6, а *d* равно 2, что составляет 8, возьми среднюю пропорциональную в обратном отношении, которая делит *a* на такую ⟨...⟩[6] (C. A., 66об. b).

Почему птица падает по той или иной линии? Спуск птицы будет происходить в ту сторону ее, которая опущена ниже горизонтальной линии. И по тому наклону, который принимает птица, по этому самому наклону будет происходить ее спуск. И если птица одинаково наклоняет свою переднюю часть, а с боков свои крылья, то движение будет направлено по линии, средней между обеими наклоненными частями. И движение больше будет склоняться в сторону той части, которая более наклонена (C. A., 77об. b; 1503 г.).

О трех главных положениях, которые принимают крылья птиц при их спуске. Из трех главных положений, которые принимают крылья у птиц, опускающихся по наклону без взмахов крыльями, первое — *abc*; в этом случае концы крыльев находятся на одинаковой высоте, так же как и противоположные углы хвоста, — потому движение будет спускаться по наклону *ad*. Второе положение *aef*; в этом случае концы крыльев и углы хвоста находятся на разной высоте: левое крыло выше и наклонное движение птицы будет *ag*. Третье положение — наклон крыльев противоположен наклону во втором случае, ибо здесь левое крыло ниже правого, и движение птицы — *ao*, а положение крыльев — *nm* (G, 64об.).



Чем ниже тяжесть птицы по сравнению с крыльями, тем более обеспечена птица от переворачивания... (С. А., 214 d).

Если птица, изображенная вверху, опускает крылья, она становится более устойчивой на воздухе и держится с меньшим трудом, ибо при горизонтальном положении крыльев возрастает расстояние между их концами по сравнению с положением негоризонтальным при опущенных или поднятых крыльях.



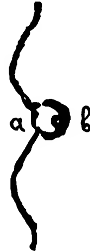
Когда же птица держит крылья поднятыми, она не может повернуться вправо или влево с той же легкостью, с которой она могла бы сделать это при опущенных крыльях. Тем не менее надежнее, чтобы не перевернуться, держать крылья высоко, чем держать их низко, хотя в этом случае птице и труднее поворачиваться вправо или влево. Ведь если птица станет опускаться правой стороной, посредством руля хвоста, сопротивление возрастает; тогда одно крыло будет захватывать больше воздуха, чем другое, с того бока, с которого птица на мгновение опускается, — и птица вернется в горизонтальное положение. Итак, это хороший способ опускаться по прямому и простому наклону.

Когда же птица держит крылья ниже корпуса, это не может иметь места, ибо если бы она повернулась на один бок посредством руля хвоста, то сразу же перевернулась бы, поскольку то крыло, которое более разворачивается, захватывает больше воздуха и более сопротивляется наклонному спуску, нежели другое (Е, 22 об.).

Птица, которая опускается, лучше удерживается в прямом положении и лучше предохраняет себя от переворачивания при крыльях, имеющих вогнутость снизу, нежели при крыльях выпрямленных (С. А., 214 d).

О способе балансирования. Всегда более тяжелая часть тел есть та, которая становится вождем их движения.

Следовательно, когда птица находится в положении *ab*, то *a*, где находится двигатель, легче, чем *b*, и, следовательно, *a* всегда будет выше *b*. Вот почему *a* никогда не пойдет впереди *b*, разве только в исключительном случае, что будет продолжаться недолго (V. U , 15).



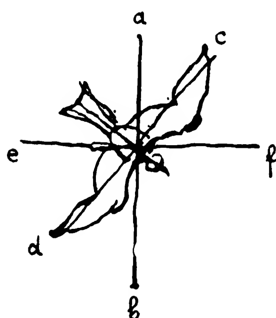
Никогда птица не будет опускаться назад, ибо центр ее тяжести находится ближе к голове, чем к хвосту (C. A., 66 b).

Птица никогда не движется назад, ибо концы ее крыльев, когда они раскрыты, никогда не бывают впереди центра той тяжести, которую имеет ее продольная часть. И это для нее необходимо, ибо если бы она стала двигаться назад, то ее пух вздыбился бы вперед и своим сопротивлением мешал бы движению. Сказанное показывает нам [сама] птица, которая всегда поворачивает клюв к ветру, когда садится (C. A., 160 b).

Противник говорит, что видел случаи, когда птица с совершенно раскрытыми крыльями может опускаться отвесно без опасности или без какого-либо ущерба для себя, и что он согласен с доказательствами, по которым птица не может падать ребром назад, ибо он не может отрицать приведенные доказательства; он согласен также, что птица не может падать головой вниз; однако он сомневается: если линия ширины крыльев окажется перпендикулярной к земле, не будет ли опускаться птица ребром по такой линии? На это ответ гласит, что в таком случае более тяжелая часть тел не становилась бы вождем движения и подобное движение не отвечало бы 4-му [положению] настоящей [книги], где была доказана его невозможность (C. A., 66 a).

Противник признается, что он не смог отрицать, что птица не может падать ни назад, ни головой вниз по отвесной линии. Однако ему кажется, что она может падать ребром, с раскрытыми крыльями, помещая одно из них, вместе с головой, под центром

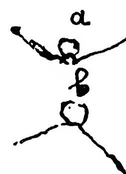
своей тяжести, т. е. что она будет падать по линии *ab* при положении крыльев *dc* совершенно раскрытых, во всю свою естественную ширь. На это ответ дается такой же, как и раньше, а именно: если такая птица в подобном положении, не прибегая к другим средствам, должна была бы опускаться отвесно, то это противоречило бы 4-му [положению] 2-й [книги] «Начал», где было доказано: всякое тело, которое свободно опускается в воздухе, будет опускаться так, что более тяжелая часть станет вождем движения. А здесь более тяжелая часть находится посредине между концами раскрытых крыльев, т. е. посредине между двумя более легкими частями, и такой спуск, как доказано, невозможен. Итак, мы доказали, что когда птица держит крылья раскрытыми, а голову несколько приподнятой, ей невозможно никогда падать или опускаться по отвесной линии, но всегда она будет опускаться по наклонной линии, где малейшее движение крыльев или хвоста превращает такое наклонное движение и спуск в движение отраженное (C. A., 308 об. b).



То крыло более замедляется, которое испытывает удары воздуха под более равными углами, иначе говоря, удары большего количества воздуха. Следовательно, когда птица спускается по наклону и чувствует, что склоняется книзу левым крылом, она шире развернет его, чем другое, или же более повернет его лицевой стороной к воздуху, в него ударяющему (C. A., 214об. a).

Когда птица опускает одно из крыльев, необходимость вынуждает ее сразу же развернуть его, чтобы не перевернуться (K, 4 об.).

Часты случаи, когда птица ударяет концами хвоста, чтобы выправить свое положение, и в этом случае крылья участвуют мало или не участвуют вовсе (K, 59).



Когда птица перевернулась, как мы видим это в *a*, она толкает концы крыльев в сторону земли, как показано в *b*, и тогда она вернется в обычное свое положение, если при этом изогнет широкий свой хвост к спине. А если бы она падала ребром, то должна была бы поднять крылья к спине, — тогда она выровняет свое положение (L, 56).



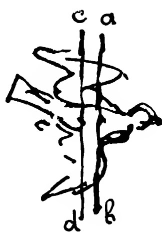
О том, каким образом птице, падающей головой вниз, удается выправить свое положение. Птица, падающая головой вниз, выправится, изогнув свой хвост к спине. Доказывается 10-м [положением], гласящим: «Центр тяжелого тела, опускающегося в воздухе, всегда будет находиться под центром его более легкой части». Следовательно, если *cd*, центральная линия тяжести птицы, удалена от *ab* центральной линии легкости ее хвоста, то после незначительного спуска этой птицы они по необходимости станут одной и той же линией. Если это так, нужно признать, что вертикальный спуск по необходимости перейдет в наклонный, а став наклонным, он сделается тем более медленным, чем длиннее путь, или, наоборот, путь станет тем более длинным, чем медленнее спуск, и т. д. И тем более длинным и медленным, чем более отлогим является спуск (E, 44).

О перемещениях в вертикальной плоскости при полете без ветра

Снижение птицы без ветра и взмахов крыльями. Если центр тяжести птицы ближе кпереди, нежели центр сопротивления крыльев, она опустится по наклонной линии, все время придерживаясь того же наклона. Тот спуск птицы произойдет с большей скоростью, который будет менее отлогим (C. A., 220об. c).

Та птица будет опускаться более быстрым движением, спуск которой менее отлог. Спуск той птицы будет менее отлогим, чьи концы крыльев и плечи ближе друг к другу (V. U., 11).

Когда птица опускается, тогда центр ее тяжести находится вне центра ее сопротивления; так, если центр тяжести — на линии *ab*, то центр сопротивления — на линии *cd*.





И если птица хочет подняться, тогда центр ее тяжести остается позади центра ее сопротивления; так, если в *fg* — центр тяжести, то в *eh* — центр сопротивления.

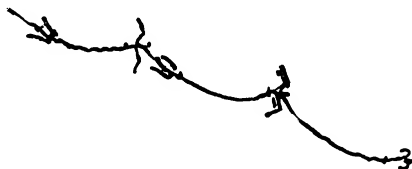
Птица может находиться в воздухе, не держа своих крыльев в горизонтальном положении, потому что, не имея центра своей тяжести в средней точке оси (polo), как весы, она не вынуждается необходимостью держать крылья свои на одинаковой высоте, как весы. Но если эти крылья будут не в горизонтальном положении, то птица опустится по линии наклона этих крыльев. А если наклон будет сложным, т. е. двойным, как, например, если наклон крыльев склоняется к югу, а наклон головы и хвоста — к востоку, птица опустится по наклону к юго-востоку. И если наклон птицы будет вдвое больше наклона крыльев, птица опустится посредине, между юго-востоком и востоком, и наклон ее движения будет между двумя названными наклонами (V. U., 15об.).

Когда птица хочет опуститься, она отбрасывает крылья назад так, что центр ее тяжести оказывается вне центра их сопротивления, и тогда ей удается падать вперед (L, 56).

Когда птица хочет подняться, она помещает центр своей тяжести перед центром своих крыльев,— и делает это, чтобы принять наклонное положение (К, 11об.).

Та птица опускается быстрее, которая захватывает меньшее пространство между крайними точками крыльев (К, 8).

Наклонное движение, совершаемое при спуске птиц, начинается с крыльями узкими и низкими; птицы постепенно расширяют эти крылья, чтобы поглотить прирост импульса, приобретаемый тяжелыми вещами с каждой ступенью спуска. И когда такое движение замедляется от чрезмерного расширения крыльев, птица снова сокращает их и тогда снова спуск начинает становиться быстрым.



Путь, совершаемый по воздуху птицами, которые опускаются, расширяя и сокращая свои крылья[7] (L, 54).

Когда птица держит плечи крыльев сдвинутыми, а концы крыльев широко, это делает воздух более плотным по сравнению с тем воздухом, через который она летела; и она делает это, чтобы замедлить движение и не отклоняться от его линии. Но когда птица шире раздвигает плечи, нежели концы крыльев, тогда эта птица хочет замедлить движение с еще большей силой. Когда концы и плечи крыльев находятся одинаково близко друг от друга, тогда птица хочет спускаться без помехи со стороны воздуха (С. А., 66 а).



Здесь необходимо вычислить ступени наклона, ибо ни при одном градусе наклона птица не держится на воздухе, а станет тем более или тем менее быстрой, чем менее или чем более отлогим он будет. И это показывает нам вода, находящаяся вне горизонтального положения. Та птица, которая расширяется

более, имеет меньше тяжести, и, наоборот, та, которая занимает меньше места, становится тяжелее (В. М., 96).

Та птица обладает меньшей тяжестью, которая больше развертывается вширь, и наоборот, та обладает большей тяжестью, которая более сокращается, и это подтверждают на опыте бабочки при своем опускании и т. д. (Е, 43об.).

Скорость птиц замедляется развертыванием и распусканием их хвоста (L, 59об.).

Птица становится тяжелой и легкой в воздухе по своему усмотрению, и этого она достигает, простирая крылья и развертывая хвост, когда хочет замедлить свой быстрый спуск, или наоборот, сокращая крылья вместе с хвостом, когда хочет ускорить свой замедлившийся спуск (Е, 48об.).

Хвост прибавляет или убавляет тяжесть у крыльев птицы (В. М., 146).

Развернутый хвост птицы ощущает такую долю тяжести всей птицы, каково отношение этого развернутого хвоста к остальной части птицы — ее корпусу, шее, голове и развернутым крыльям. И эта доля тем меньше, чем ближе центр тяжести всей птицы к центру корпуса и чем дальше он от центра хвоста (Е, 53).

При всех изменениях прямых движений птиц они распускают хвост (L, 58об.).

Птица, которая опускается, становится тем более быстрой, чем более сжимает крылья и хвост. Доказывается 4-м [положением] «О тяжести», гласящим: «То тяжелое тело приобретает бóльшую скорость опускания, которое занимает меньший объем воздуха».

Та птица становится более быстрой при своем опускании, которая опускается по менее отлогой линии. Доказывается 2-м [положением] «О тяжести», гласящим: «То тяжелое тело быстрее, которое опускается по более короткому пути».

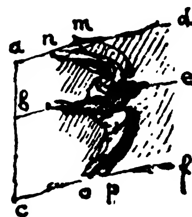
Птица, опускаясь, замедляет движение свое тем более, чем шире развертывается. Доказывается 5-м [положением] «О тяжести», гласящим: «То тяжелое тело опускается медленнее, которое шире простирается» (E, 37об.).

Птица тем более развертывает крылья, чем более медленное движение имеет ее полет, и это на основании 7-го [положения] «Начал», гласящего: «То тело будет легче, которое приобретает бо́льшую ширину» (E, 37).

Если птица не станет ударять книзу свои крылья с быстротой большей, чем та быстрота, которую она имела бы при своем естественном опускании вниз, при том же развороте и положении этих крыльев, движение ее будет книзу. Но если такое движение крыльев быстрее, чем указанное естественное опускание вниз,тогда движение ее будет происходить вверх, с быстротой тем большей, чем быстрее опускание этих крыльев (C. A., 45 a).

Та птица, которая быстрее опускает, нежели поднимает крылья, выше поднимется, давя нижней поверхностью крыльев в сторону центра мира [т. е. вертикально]. Но если эти нижние поверхности крыльев давят в сторону горизонта, то птица будет совершать горизонтальные движения (L, 58).

nm — крылья верхние; *op* — крылья нижние; таково отношение между подъемом и опусканием, каково отношение между *ba* и *bc*. И поэтому движение птицы наклонное.

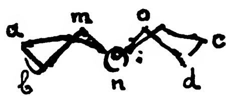


У птицы, которая, взмахивая крыльями, поднимает крыло, находящееся над центром ее тяжести, больше, нежели опускает крыло, находящееся ниже этого центра, голова окажется выше хвоста при ее движении. Доказывается 14-м [положением] настоящей [книги]: «Движущееся тело повернет свое прямолинейное движение в ту сторону, где оно встречает меньшее препятствие, а не в ту сторону, где такое препятствие имеется». И 8-м [поло-

жением], гласящим: «Столько же требуется для движения воздуха против неподвижного предмета, сколько для движения предмета против неподвижного воздуха». Следовательно, крыло, которое больше движется вниз, чем вверх, испытывает от граничащего с ним снизу воздуха больший удар, нежели от воздуха, который соприкасается с ним сверху, а потому прямое движение птицы перейдет в наклонное, снизу вверх.

Если птица при одинаковом движении крыльев книзу и кверху от центра ее тяжести будет быстрее двигать крылья вниз, чем вверх, она изменит свое горизонтальное движение в движение кверху. Доказывается 9-м [положением] предыдущей [книги], гласящим: «Из одинаковых движений, совершаемых крыльями птиц, более быстрое будет более уплотнять граничащий с ним снизу воздух». И 17-м, гласящим: «Удар того движущегося тела более отражается, который происходит о место, оказывающее большее сопротивление». Следовательно, мы пришли к заключению, что, если крылья, обладающие одинаковым движением [размахом] вниз и вверх, быстрее движутся книзу, чем кверху, они изменят горизонтальное движение вверх, а не вниз. Обратное положение к приведенному: «Если крылья, обладающие одинаковым движением кверху и книзу от центра тяжести птицы, будут быстрее двигаться при своем подъеме, нежели при своем опускании, то птица получит наклонное движение к земле» (E, 21об.).

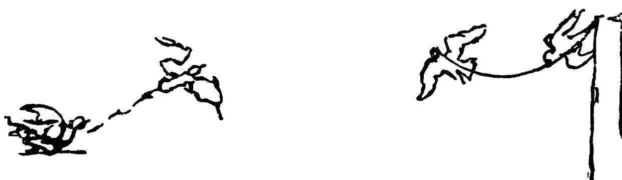
По необходимости при полете на определенной высоте опускание крыльев будет такое же, как их подъем (L, 59).



Когда птица находится в положении *anc* и захочет подняться вверх, она поднимет плечи (omeri) *m* и *o* и окажется в положении фигуры *bmnod*, сжимая воздух между своими боками и концами крыльев так, что уплотнит его и даст им движение вверх, породив импульс в воздухе, каковой импульс воздуха будет своим уплотнением толкать птицу вверх (V. U., 12).

Когда птица хочет подняться взмахами своих крыльев, она поднимает плечи и концами крыльев ударяет по направлению к себе, в результате чего уплотняет тот воздух, который находится между концами крыльев и ее грудью, и это напряжение воздуха поднимает птицу ввысь (V. U., 5об.).

О взлете птиц. Каким образом птица взлетает, находясь на ровной земле. Если птицы хотят взлететь, им необходимо прибегнуть к одному из двух способов. Первый — начать с опускания тела к земле, а затем, возможно быстро выпрямляя согнутые ноги, осуществить подскок в воздух.



При конце этого прыжка крылья закончили свое развертывание и сразу же быстро опускаются к земле,— тогда птицы совершают второй подскок наклонно, как и первый, и таким образом, действуя постепенно, птица поднимается на ту высоту, которая ей угодна.

Некоторые другие птицы сначала поднимают крылья наклонно вперед и насколько возможно опускаются грудью к земле, и в таком положении очень быстро выпрямляют ноги, прыгая ввысь и вперед по наклонной линии. Затем, в конце импульса, они опускают крылья вниз и назад по наклону и таким образом оказываются довольно высоко и впереди того места, откуда они вылетели. В конце импульса они приобретают новый и так продолжают свое движение.

Третьи птицы, опустившись к земле и развернув крылья вверх и вперед, одновременно опускают крылья и выпрямляют ноги,— тогда сила первого удара крыльями в сочетании с силой выпрямления ног становится очень значительной, и такая объединенная сила— максимальная из возможных при взлете указанных птиц.

Второй способ, которым пользуются птицы, начиная полет, применяется тогда, когда они опускаются с высоты вниз. Такие птицы бросаются только вперед и одновременно раскрывают крылья вверх и вперед, а во время прыжка опускают крылья вниз и назад и, загребая таким образом, продолжают свой наклонный спуск. Другие имеют обыкновение бросаться с сомкнутыми крыльями, а при спуске открывают крылья и, раскрыв их, движутся отраженным движением, а затем смыкают их и спускаются [см. рис. на стр. 531] (G, 64).

У всех птиц, которые взлетают ввысь, крылья при подъеме оказываются сквозными, как это доказано было в своем месте. А когда эти крылья опускаются, они бывают сплошными. И так как воздух тесним и уплотняем при опускании их с тою же скоростью, какою обладает и это крыло, то птице необходимо отразиться при ударе и подняться. И птица уносится ввысь приобретенным импульсом на столько же, сколько жизни у импульса, ее отражающего. В это время крылья раскрываются и становятся сквозными в промежутках между указанными перьями. Затем птица стремительно опускает крылья, вновь соединяя перья, и тогда вновь приобретает утраченный импульс. Таким образом поступают все птицы, поднимающиеся прямолинейным движением, каковы жаворонок и т. п. А те птицы, которые не прибегают к подобному раздвиганию перьев (таковы хищные), по необходимости совершают кружащий, т. е. винтообразный, подъем, иначе говоря, круговое движение (G, 65).

Когда птица поднимается с земли ввысь, подскакивает и стремительно смыкает раскрытые крылья и когда образуется воздушная волна, которая уплотняет этот воздух и ударяет в грудь птицы снизу,— волна, импульс которой продолжается некоторое время,— тогда движение гонит птицу ввысь, и при этом движении птица много раз бьет крыльями так, что в конце концов поднимается на значительную высоту (C. A., 97об. а).

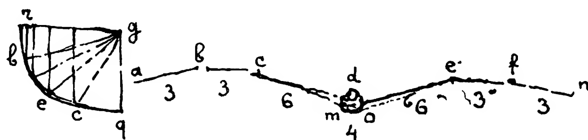
Существует много птиц, которые не могут подняться иначе, как винтом, т. е. круговыми движениями. Исключение состав-

ляет жаворонок, который при подъеме крыльев делает их сквозными, так что они не оказывают сопротивления, будучи сквозными почти целиком (L, 56).

Я видел воробья и жаворонка, летающими вверх по прямой линии и остающимися в горизонтальном положении. И это происходит оттого, что крыло, поднимаемое быстрым движением, становится сквозным и движется благодаря приобретенному импульсу, который вновь рождается при опускании крыльев, ибо тогда крыло вновь соединяет и смыкает перья одно под другим, как было сказано в 8-м [положении] настоящей [книги] (C. A., 160 b).

Птице, которая хочет посредством взмахов крыльями без ветра подняться вверх по вертикали, необходимо круговое движение. А если движение ее без содействия ветра будет направлено по прямой линии, необходимо, чтобы оно совершилось посредством частых взмахов крыльями, и по этой причине оно станет весьма отлогим (E, 49об.).

Та птица будет давать меньше работы своим крыльям, которая будет подниматься по линии более отлогой. Если желательно использовать всю силу двигателя, необходимо приложить ее так,



чтобы пространство *ce* было само по себе способно противостоять опусканию птицы,— тогда остальная часть крыла будет достаточна для осуществления подъема по наклону *bg*. Так как этот наклон находится под линией *rb*, он уменьшает для двигателя тяжесть птицы в отношении 15 : 16. А так как линия *bg* содержит в себе 3 раза линию *br*, то отсюда следует, что на каждые 300 локтей такого наклона приходится подъем птицы, равный 100 локтям. Стало быть,

при 30 кружениях, в 300 локтей каждое, эта птица окажется на на 1 милю выше, чем вершина горы, с которой она поднялась.

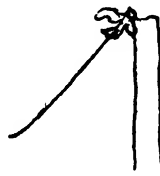
mo — 4 локтя, *oc* — 6 локтей, *ef* — 3 локтя, *fn* — 3 локтя, что в итоге даст 28 локтей. И проверка будет осуществлена при помощи листов канцелярской бумаги и сетки (С. А., 77об. b).

Та птица поднимется на лету с бо́льшим удобством, которая набирает импульс своего движения, несколько опускаясь по сравнению с началом своего полета (В. М., 166об.).

О конце полета птиц. Конец полета у птиц известной породы осуществляется посредством прямого наклонного движения, а у других птиц он осуществляется посредством криволинейного наклонного движения. Тот, который осуществляется по прямому наклону, должен по необходимости происходить по очень отлогой линии, т. е. по наклону почти горизонтальному, как показывает *mn*. И если движение этих птиц будет очень крутым, то необходимость делает его состоящим из многих отражений, особенно к концу, как будет показано в своем месте (G., 63об.).



О конце полета, совершаемого снизу вверх. Когда птица близка к цели, она располагается своей длиной по линии, мало отклоняющейся от вертикали, и весьма широко раскрывает крылья и хвост. Крылья вплоть до конца продолжают совершать частые и мелкие биения, в которых истощается импульс, и тогда, смыкая крылья, птица в кратчайший промежуток времени оказывается над тем местом, где в конце концов она садится с минимальным толчком ног (G., 63об.).



Когда птица гребет или бьет крыльями назад при их опускании, это — явный признак, что она увеличивает скорость своего спуска (С. А., 66 а).

Если при спуске птица будет этими крыльями отгребать назад, то получит быстрое движение, и происходит это оттого, что крылья ударяют по воздуху, который все вновь и вновь устремляется за птицей заполнять ту пустоту, откуда она уходит (V. U., 10).

Опускание развернутого хвоста и одновременное простирание крыльев вширь останавливает быстрое движение птицы. Когда птицы, опускаясь, приближаются к земле с головой ниже хвоста, тогда сильно раскрытый хвост опускается и ударяет по воздуху мелкими ударами. Голова оказывается тогда выше хвоста, и движение замедляется так, что птица садится на землю без какого-либо толчка (L, 58об.).

[из басни об иве и тыкве]. Тогда сорока... подняв хвост и опустив голову и бросившись с ветки, отдала свою тяжесть крыльям. И ударяя ими по текучему воздуху то сюда, то туда, старательно направляя руль хвоста, долетела она до одной тыквы... (C. A., 67 b).

Птица пользуется частыми взмахами крыльев при посадке, когда опускается с высоты вниз, чтобы прервать импульс спуска, приземлиться и уменьшить силу своего удара (K, 58).

Ладони (mani) птицы повернутся лицевой частью к месту, куда она опускается по прямому наклону, чтобы израсходовать приобретенный импульс (K, 9).

Теория. Птица, которая хочет быстро израсходовать приобретенный импульс, поворачивает крылья всей их шириной к тому месту, где она хочет остановиться, — и это она делает [опускаясь] без содействия ветра (E, 49об.).



Когда птица опускается над местом, где хочет расположиться, она поднимает крыло вверх и простирает на половину его длины, и так она опускается медленно в указанную низину (E, 37об.).

О перемещениях в горизонтальной плоскости при полете без ветра

Птица, которая бьет крыльями равномерно, без взмахов хвоста, будет двигаться по прямой. Но если одно из крыльев опущено более, нежели другое, то прямолинейное движение перейдет в криволинейное и будет происходить вокруг нижней точки, к которой направлено опущенное крыло (С. А., 184об. с).

Когда птица захочет повернуться вправо или влево при помощи взмахов своих крыльев, она ударит более низко крылом с той стороны, куда хочет повернуть, и таким образом изогнет свое прямое движение сообразно импульсу того крыла, которое двигалось больше (V. U., 5).

Сколько существует способов, позволяющих птице превращать свое прямолинейное движение в криволинейное? Птица, которая хочет превратить свое прямолинейное перемещение в криволинейное, не поднимаясь и не опускаясь с первоначальной высоты, ударяет крылом на выгнутой стороне своего криволинейного пути большее число раз, нежели на вогнутой его стороне (С. А., 97об. а).

Часто птица два раза ударяет одним крылом и один раз другим. Это она делает тогда, когда слишком опустилась в эту сторону. Подобное же она делает и тогда, когда хочет повернуться вверх одной стороной,— она два раза загребает одним крылом назад, держа почти неподвижно другое, противоположное, в сторону того места, куда должна повернуться (К, 5об.).

Птица много раз бьет крыльями на одной стороне, когда хочет повернуться вокруг неподвижного крыла. И это она делает, загребая крылом в сторону хвоста, подобно тому, как поступает гребец на двухвесельной барке, который много раз гребет с той стороны, откуда хочет уйти, держа другое весло неподвижным (К, 7).

Птица, которая гребет одним крылом больше, чем другим, будет двигаться круговым движением (С. А., 220об. с).

Если птица захочет быстро повернуться той или иной стороной и продолжать движение по кругу, она будет дважды ударять крыльями вниз на этой стороне, гребя крылом назад, тогда как другое крыло будет оставаться неподвижным, или же на один взмах придется два взмаха противоположного крыла (V. U., 11).

Одно крыло, сгибаемое с такою же быстротой, как и другое, но проходящее более длинный путь, будет причиной перехода прямолинейного движения в криволинейное (B. M., 43).

Птица, которая будет совершать большее движение одним крылом, нежели другим, будет двигаться по кругу; круговым станет оно и тогда, когда птица будет ударять крылом на одной стороне, а другое останется неподвижным. И круг окажется тем бо́льшим или меньшим, чем медленнее или чем быстрее движение крыла (C. A., 97об. a).

Чтобы повернуть, птица бьет крыльями не одинаково и больше движет то крыло, которое описывает выпуклую круговую линию, нежели то, которое описывает вогнутую (K, 4об.).

О пернатых. Птица, которая со взмахами крыльев летит по кривой линии, ударяет более часто и с бо́льшим размахом крыло, находящееся на выпуклой стороне такого пути, нежели то, которое находится на стороне вогнутой (E, 53об.).

Если птица постоянно бьет крыльями, она может посредством двух различных движений повернуть в ту или иную сторону. Во-первых, если она за одно и то же время будет при том же количестве движения [при том же протяжении пути] быстрее двигать вниз, в сторону хвоста, одно крыло, нежели другое; во-вторых, если за одно и то же время одно крыло будет проходить больший путь, нежели другое (C. A., 214 d).

Пустота, которую последовательно оставляет за собой птица, проникающая сквозь воздух, испытывает боковой удар с той стороны птицы, которая более выходит за пределы ее центральной линии.

При ударах, производимых боками птицы о боковые поверхности проникаемого ею воздуха, и при том теми частями, где расстояния от центральной линии ее движения больше, если эти удары производятся правым боком от середины кпереди, прямолинейное движение искривится в правую сторону, а если они производятся от середины кзади на противоположной стороне, тогда это прямолинейное движение искривится в левую сторону. Точно так же при ударе от середины кпереди на левой стороне произойдет то же, как и при ударе на левой стороне кзади, снизу или сверху. И о каждом направлении будет сказано на своем месте и т. д. (Е, 53).

Теория полета. Движение, совершаемое телом, имеющим удлиненную форму и одинаковые бока по обе стороны его центральной линии, будет оставаться прямолинейным в воздухе до тех пор, пока в нем живет импульс, запечатленный его двигателем.

Птица, которая летит по кривой линии в горизонтальной плоскости, движет одно из крыльев с бо́льшим размахом и с большей скоростью, однако, благодаря такому движению, ни то, ни другое крыло не становится более низким или более высоким.

Если же криволинейное движение птиц слагается из движений по кривой и по наклону, то, помимо того, что одно крыло будет обладать большей скоростью и бо́льшим размахом, одно станет более высоким или низким по сравнению с другим. И это доказывается 5-м [положением], гласящим: «Оба крыла, одинаково движущиеся, движут птицу по прямому пути», и обратным: «Крылья с неодинаковым размахом дают движение криволинейное».

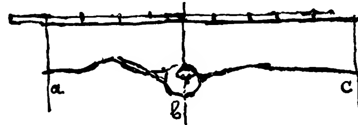
И если при неодинаковом движении крылья одинаковы по подъему и не одинаковы по длине, то птица будет двигаться по кривой в горизонтальной плоскости.

А если движущиеся крылья, помимо того, что являются неодинаковыми по длине, не одинаковы еще и по своим взмахам и опусканию, то такое движение будет слагаться из кривой и наклонной линии и т. д. (Е, 50).

Также при ударе крыльями вниз по наклону, если они будут сгибаться или двигаться одно — более книзу, а другое — более назад, та сторона птицы, которая гонит крыло более книзу, согласно 1-му [положению] сделается более высокой, а противоположная сторона крыльев, совершающая более длинный путь назад, окажется более впереди, также согласно 1-му [положению]. Вот почему по такой причине движение подобной птицы станет криволинейным, — вокруг той части птицы, которая находится выше (С. А., 214 d).

Птица изгибает линию своего прямого движения в ту сторону, на которой крыло более опущено; и это равносильно тому, как если бы в одно крыло ветер ударял больше, нежели в другое (С. А., 97об. а).

Правое крыло *bc* должно оказывать сопротивление на $^1/_5$ больше, нежели левое крыло, ибо оно на $^1/_5$ длиннее, нежели это противоположное крыло. Из сказанного с очевидностью явствует, что, поскольку правое ударяет о количество воздуха, большее на $^1/_5$, нежели противоположное ему, движение его замедляется, а второе продвигается вперед и превращает прямолинейное движение в криволинейное вокруг более широко распростертого крыла (С. А., 214 d).



Когда птица опускается по какому-либо наклону, она придвигает плечи (omeri) крыльев к своим лопаткам (spalle), а концы крыльев сближает в сторону хвоста, каковой в свою очередь она сокращает. Поступая так, птица встречает меньшее количество воздуха, оказывающего сопротивление ее спуску. Но при поворачивании вправо или влево такая птица станет простирать правое или левое крыло, т. е. то крыло, которое находится со стороны, куда она хочет повернуть. Это простертое крыло соприкасается с бóльшим количеством воздуха, а следовательно, будет встречать и большее сопротивление, почему больше замедляется в своем движении, нежели крыло противоположное, более сжатое. И так как одно крыло

движется более, нежели другое, птица превращает свое прямолинейное движение в движение криволинейное (L, 55).

П о ч е м у п т и ц а с о в е р ш а е т к р у г о в о е д в и ж е н и е, и з г и б а я с в о й х в о с т? Все удлиненные тела, которые движутся по воздуху и боковые края которых находятся на одинаковом расстоянии от центральной линии их толщины, будут двигаться прямолинейно, в особенности при естественном своем движении, также — при насильственном, равным образом — при полуестественном, не варьируя силу импульса, вожатого этих тел. Однако если боковые края удлиненных тел будут на неодинаковом расстоянии от центральной линии их толщины, то движение подобного тела искривится в воздухе, в котором тело движется, и вогнутость будет находиться с той стороны, где край указанного тела более удален от названной центральной линии и т. д. (Е, 35об.).

Импульс, начавшийся по кругу, может сам собой продолжаться по той же круговой линии, вокруг одной оси; таково движение жерновов или точильных кругов. Он может также продолжаться по кругу и прямой; таково движение колеса телеги, катящейся по прямой, за пределы его оси, и таково отраженное движение сферических тел, совершаемое по наклонной линии. Точно так же полет птиц может продолжаться по круговой линии, пока длится импульс, хотя бы начало этого импульса и было порождено движением прямолинейным (С. А., 214 d).



Когда птица хочет внезапно повернуться на одном из своих боков, она быстро толкает конец крыла этой стороны к хвосту, и так как всякое движение стремится к своему сохранению или: «всякое движущееся тело движется постоянно, пока импульс силы движущего в нем сохраняется», то, следовательно, стремительное движение такого крыла к хвосту, сохраняя еще в своем конце часть

названного импульса и само не имея возможности продолжать начатое движение, становится способным двигать с собою всю птицу до тех пор, пока не исчерпается импульс воздуха, приведенного в движение (V. U., 12).

Импульс одного из крыльев, отбрасываемого ребром в сторону хвоста, порождает внезапное круговое движение птицы вслед за импульсом указанного крыла (V. U., 11об.).

Когда птица хочет опуститься вниз одним боком, она быстро бросает книзу крыло с той стороны, куда хочет опуститься, и импульс такого движения заставляет птицу снизиться в эту сторону (K, 14).

Если одно из крыльев быстро опускается и несколько сокращается, то птица опускается в эту сторону, а если оно быстро опускается и развертывается, то птица опускается в противоположную сторону. Если же оно опускается медленно и развертывается, то птица движется по кругу, покоясь на этом крыле, а если оно опускается медленно, не спеша, и сгибается, то птица опускается, кружа в эту сторону (K, 4—3об.).

Здесь из причин можно усматривать последствия действий, т. е. из тех или иных положений птиц [можно заключать об их движениях]. То и другое вместе раскрывает волю птицы. Крылья, с одной

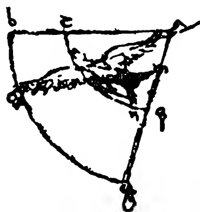


стороны простертые и с другой подобранные, показывают, что птица опускается круговым движением вокруг подобранного крыла. Крылья одинаково подобранные показывают, что птица хочет опуститься вниз по прямой (C. A., 66 a).

О перна тых. Птица, которая опускается по прямому наклону в одном направлении, не выведет свои боковые части из горизонтального положения (E, 48об.).

Если при полете с крыльями, расположенными на одинаковой высоте, птица опустит один бок своего хвоста, то ее полет по

прямой линии перейдет в криволинейный, и эта кривизна будет обращена своей вогнутой стороной к опущенному боку хвоста, а крыло, находящееся на той же стороне, что и этот опущенный бок хвоста, будет тем более медленным в сравнении с противоположным крылом, чем искривленнее станет движение птицы. Доказывается 7-м [положением] настоящей [книги], гласящим: «Та часть вращающегося колеса обладает меньшим движением, которая ближе к его центру». Следовательно, конец крыла *a*, касающийся *a*, центра вращающегося тела, будет обладать меньшим движением, а конец *d* противоположного крыла будет обладать движением *gb*.



Доказательство, почему птица поворачивается при изгибании хвоста. Все тела, движущиеся в воздухе и концы которых находятся на одинаковом расстоянии от центральной линии их длины, будут двигаться по прямой линии, следовательно ⟨...⟩ (E, 36).

О причине кругового движения птиц. Круговое движение птиц порождается неодинаковым движением их крыльев. Последнее обусловлено ударами одного из концов хвоста в воздухе, выходящего кверху или книзу за линию того пути, который птица совершает, проникая через воздух (E, 39об.).

Пусть будет подвешено здесь тело наподобие птицы, у которого хвост поворачивается с разным наклоном. При помощи такого тела ты можешь дать общие правила для различных поворотов птиц в случае движений, совершаемых посредством изгибания их хвоста (L, 61об.).

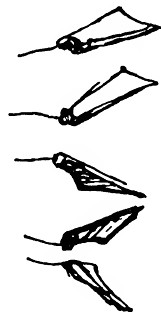


Когда одна из сторон хвоста у птицы опустится быстрым движением, тогда воздух, по которому он ударяет, более уплотнится и, следовательно, будет оказывать

большее сопротивление. Поэтому по необходимости птица наклонится противоположной своей стороной и таким образом движение ее станет криволинейным, кружащим вокруг более низкой части хвоста.

Но когда то один, то другой конец хвоста ускоряет ее опускание то вправо, то влево, тогда не получается кругового движения, и это является лишь видом биения по воздуху, подобного биению крыльев. Если такая птица почувствует, что опускается одной из своих сторон, то этот хвост бьет по воздуху на стороне противоположной и таким образом оказывает сопротивление подобному опусканию (L, 62об.).

Если коршун опускается, кружа и сверля воздух головой, опущенной книзу, он вынужден выворачивать хвост насколько возможно в направлении, противоположном тому, по которому он хочет следовать; а вслед за тем, быстро выворачивая этот хвост в ту сторону, куда он хочет повернуть, он добивается того, что насколько поворачивается хвост, настолько же поворачивается и сама птица, — наподобие корабельного руля, который поворачивает корабль соответственно тому, насколько поворачивается он сам, но в противоположном направлении (L, 62).

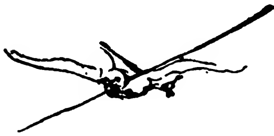


Хвост обладает различными движениями. А именно: иногда он плоский и тогда птица движется по горизонтали, иногда он повернут обоими концами одинаково кверху[8] — и это бывает, когда птица поднимается. Иногда оба его конца одинаково опущены[9], — это случается при ее спуске. Но когда хвост поднят[10] и левый конец ниже, чем правый, тогда птица поднимается по кругу правой стороной, что доказывается, но не здесь. Если правый конец опущенного хвоста ниже, чем левый, тогда птица повернется в левую сторону. Если при поднятом хвосте левый конец окажется выше, чем правый, тогда птица повернется головой в правую сторону; если же при поднятом

хвосте правый конец окажется выше левого, птица будет кружить в левую сторону (V. U., 17об.).

Об управлении рулем, каковым является хвост птицы. Когда птица равномерно опускает хвост, она движется вниз по наклону и прямой линии. Но если такое опускание на правой стороне больше, то прямой путь становится кривым и птица будет двигаться в эту правую сторону по линии тем большей или меньшей кривизны, чем более или менее низко расположен правый конец хвоста. И то же самое птица будет делать в левую сторону, опуская левый конец хвоста. Если хвост равномерно приподнят над прямой линией спины птицы, эта птица будет двигаться по прямому наклону вверх; если она приподнимет правый конец хвоста больше левого, такое движение искривится в эту сторону, а если она приподнимет левый конец хвоста, такое прямое движение искривится в левую сторону и т. д. (E, 42об.).

Если левый конец хвоста у птицы будет выше центральной линии движения и центральной линии той тяжести, которую птица имеет по направлению своего движения, выше настолько же, насколько правый конец того же хвоста находится ниже вышеуказанных центров, то по необходимости движение такой птицы должно совершаться по прямой, ибо левый конец хвоста, находясь выше нее, имеет такую же силу отклонять прямолинейное движение ее вправо, какую имеет и правый конец хвоста, находящийся ниже нее и способный отклонять движение ее влево (C. A., 160 b).



Если наклонное движение птицы будет происходить просто по линии ее длины, то такой наклон — прямолинейный. Но если к наклону длины птицы присоединить наклон ширины ее раскрытых крыльев, то движение ее станет криволинейным. Вогнутая сторона этой кривизны будет обращена к более низкому крылу.

И если ветер ударяет птицу в конец ее более низкого крыла, сложное движение ее по криволинейному наклону разложится и перейдет в простое прямолинейное и наклонное (Е, 23об.).



О сложных наклонах при полете птиц. Сложным наклоном называется тот, который делают движущиеся в воздухе птицы, держа хвост выше, чем голову, и одно крыло ниже другого.

Когда полет птиц совершается со сложным наклоном, тогда птица будет двигаться по одному наклону быстрее, чем по другому, настолько, насколько один наклон менее отлог, чем другой.

Всегда движение, совершаемое птицами, которые летят со сложным наклоном, бывает криволинейным.

Кривизна от сложного движения, совершаемого полетом птиц, будет тем большей или меньшей, чем больше или меньше боковой наклон (Е, 35об.).

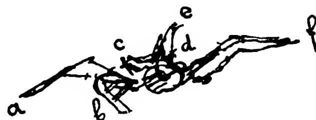
Прямолинейное движение птиц в воздухе искривляется в ту сторону, на которой сокращается крыло. Это происходит единственно потому, что всякая тяжесть опускается в ту сторону, где она встречает меньше сопротивления. Следовательно, такое движение мы назовем движением по сложной кривой, состоящей из кривой, направленной вбок, и кривой, направленной вниз с той стороны, которая у птицы ниже (Е, 45об.).

Тот круг будет описан с меньшим диаметром, при котором птица располагается по линии менее отлогой. Всегда наклон крыльев должен быть равен наклону корпуса птицы (С. А., 77об. b).



Птица, которая описывает более тесный круг, приготовляет себя к этому посредством менее отлогого своего положения при наибольшем развороте крыльев. Поэтому круговая линия ее кружения искривлена тем более, чем более тесно это кружение (С. А., 160 b).

Внезапные перемещения крыльев и хвоста у птиц производят внезапные перемены в направлениях их движений. Скажем, птица движется к востоку и внезапно переворачивается к западу; это внезапное переворачивание достигается посредством развертывания одного крыла с той стороны, которой птица хочет повернуться, и поворачивания его лицевой стороны к ударам воздуха, на линии, откуда она двигалась, а также посредством подтягивания другого крыла к себе и изгибания хвоста таким же способом, как и простертого крыла. Например, птица *adf* летела к востоку и сразу же хочет повернуть назад правой своей стороной *df*; тогда она развернет это крыло *df* более обычного и обратит его лицевую сторону более к ветру, а противоположное крыло *ac* согнет до положения *cb*, хвост же *cd* повернет в положение *ed*. Тогда стремительность импульса подталкивается воздухом и более действует на той стороне птицы, которая более удалена от центра ее тяжести, а на более близкой действует меньше (С. А., 214 d).





Но если крыло, которое будет более подтянуто к корпусу птицы по сравнению с другим, не сможет вновь развернуться с надлежащей легкостью, эта птица расширяет свой хвост и, раскрыв его таким образом, поворачивает его в ту сторону, где крыло более свернуто; такая птица полетит по прямому направлению и, таким образом, как ты видишь, оставит свое круговое движение (L, 54об.).

У птиц с коротким хвостом очень широкие бока и их длина заменяет хвост; и в значительной мере эти птицы пользуются рулями, находящимися на плечах крыльев, когда хотят повернуть к какому-нибудь месту (Е, 53об.).

Почему птица применяет руль, находящийся спереди крыльев, хотя она имеет другие средства сделать кривым свое прямолинейное движение? Птица пускает в ход только один из рулей, находящийся спереди крыльев, когда хочет сделать криволинейным свое прямолинейное движение по горизонтали. Но если подобное искривление должно быть сложным, т. е. кривизной наклонной, то птица несколько сократит одно из крыльев и так совершит движение по кривой, наклоняющейся в ту сторону, с которой сократилось крыло, и движение получится по выпуклой линии.

Впрочем такой прием опасен, потому что может привести к переворачиванию на бок, а конец крыла может оказаться простертым к небу. Для предотвращения этого необходимо развернуть сократившееся крыло, всегда обращая его нижнюю сторону к земле (ибо если ты обратишь его лицевую сторону, то такая птица перевернется). Следовательно, коль скоро ты таким образом простер согнутое крыло к земле, одновременно сократи крыло нижнее [11], ранее распростертое, — настолько, чтобы вернуться к горизонтальному положению.

Мы показали одну из опасностей, возникающих при переходе прямолинейного движения птиц в воздухе в криволинейное, опасность, заключающуюся в нарушении одинакового сопротивления, оказываемого крыльями, одинаково распростертыми в воздухе, между концами которых помещается в середине центр тяжести. Вместе с тем мы доказали, что надежнее поворачивать один из обоих рулей крыльев, чем поворачивать одно из обоих крыльев (Е, 44об.).

Что заставляет птицу искривлять прямолинейное движение без спуска или подъема. Птица искривляет свое прямолинейное движение, происходящее

по горизонтали, не поднимаясь и не опускаясь, посредством правого или левого руля, расположенного впереди крыльев. Доказательство:



пусть *apog* — птица, которая движется по горизонтали и меняет прямолинейное движение на криволинейное посредством руля *t*, находящегося впереди левого крыла. Это происходит на основании 9-го [положения] этой [книги], гласящего: «Тела с одинаковыми боками по обе стороны центральной линии их тяжести, всегда сохраняют свое движение по прямой линии, находясь в воздухе». И если один из боков увеличивается или уменьшается в размерах, тогда прямолинейное движение переходит в криволинейное, обращенное вогнутой стороной к той части движущегося тела, которая больше. И эта бóльшая ⟨...⟩ (E, 45).

При импульсе, который птицы создают, находясь в воздухе, лучше и легче поворачивать часть, чем целое. Та часть птицы, которая поворачивается в воздухе, заставит повернуться целое, подобно тому как при поворачивании руля мы видим поворачивается корабль (E, 46об.).

Пернатые. Рули, созданные на плечах у крыльев птиц, придуманы изобретательной природой для удобного искривления прямолинейного импульса, что часто представляется необходимым при стремительном полете птиц. Ведь природа нашла гораздо более удобным при устремлении по прямой поворачивать самую малую часть крыла, нежели все крыло. Ради этого были распределены мелкие и очень крепкие перья, которые, прикрывая друг друга, своей удивительной силой армируют и укрепляют одно другое. И эти перья держатся на маленькой и очень крепкой кости, которая приводится в движение сухожилиями (nervi), сгибающими ее в ее суставе и являющимися самыми крупными в этих крыльях. Движение такой кости и положение ее на плече крыла подчинено тем же зако-

нам, что и движение большого пальца на человеческой руке: находясь посреди четырех сухожилий, окружающих его основание с равными друг от друга промежутками, он, посредством этих сухожилий, порождает бесконечные движения как криволинейные, так и прямолинейные. То же мы скажем о руле, который помещается позади движущегося корабля и которому подражают хвосты птиц. Опыт нас учит, насколько легче поворачивать этот маленький руль при быстрых движениях большого корабля, нежели ворочать весь корабль.

Почему изобретатели кораблей не поместили руль спереди, как это было сказано о рулях, находящихся спереди на плечах птиц. Это не было сделано на кораблях по причине большого подъема, образуемого волной воды в воздухе; такая волна, сталкиваясь со стремительным ударом движущегося корабля, при своей значительной приобретенной тяжести, явилась бы причиной, весьма затрудняющей движение руля. И, кроме того, такой руль часто ломался бы. Что же касается воздуха, хотя он не имеет тяжести в воздухе же, но зато он уплотняется, и это уплотнение очень полезно, ибо рули крыльев лучше действуют в плотном веществе, нежели в разреженном,— ведь плотное обладает большей сопротивляемостью, чем разреженное. Корабль же, как сказано, действует совершенно иначе, находясь в воде, приобретшей тяжесть. Потому-то руль и был помещен позади, где вода, бороздимая и рассекаемая движением корабля, сама собою ниспадает от возникшего гребня до нижнего уровня образовавшейся впадины и ударяет при опускании о руль с тем большей силой, чем больше или меньше углы, под которыми она его встречает; кроме того, течение воды, заполняя центр указанной впадины, стремительно падает при ударе о руль, как уже сказано, и т. д.

А у хвоста коршуна происходит удар воздуха, который яростно заполняет пустоту, оставляемую птицей при ее движении, и это происходит по всем направлениям остающейся пустоты (Е, 52об. — 53).

О полете при ветре и против ветра

То тело меньше действует своей тяжестью (men pesa) на воздух, которое располагается на большей площади его. Пример нам показывает монета из самого веского золота, каковое, будучи расплющено в тонкий лист фольги, держится на воздухе посредством малейшего движения этого воздуха (С. А., 395 b).

Движение пернатых гораздо быстрее движения ветра, ибо если бы это не было так, ни одна птица не могла бы держаться против ветра. Но движется она против ветра с тем меньшей разницей в сравнении со своим естественным перемещением в спокойном воздухе, чем меньше число градусов движения ветра в сравнении с градусами движения птицы. Например, птица движется в спокойном воздухе с 6 градусами скорости, а ветер как таковой движется с 2 градусами скорости; стало быть, такой ветер, сохраняя естественное свое течение, отнимает 2 градуса скорости у птицы, иначе говоря, от 6 градусов остаются 4. Но если такая птица летит с 6 градусами скорости по течению ветра, он прибавляет ей свои 2 градуса, и она летит с 8 градусами скорости. Здесь, однако, следует принимать во внимание поддержку, получаемую от удара крыла о неподвижный воздух, о воздух, ускользающий из-под него, и о воздух, притекающий под него, руководствуясь соответствующими правилами (L, 55об.).

Полет многих птиц бывает более быстрым, нежели гонящий их ветер, и это происходит оттого, что крылья испытывают толчки ветра, переносящего такую птицу. И если бы это было не так, то подобные птицы, держащиеся на ветре, не могли бы летать против этого ветра (L, 56об.).

Когда у птицы очень широкие крылья и небольшой хвост и хочет она подняться, она сильно поднимает крылья и, поворачиваясь, забирает под крылья ветер, который, становясь для нее клином, поднимает ее с быстротой, — как кортона, хищную птицу,

которую я видел над Барбиги, идя в Фьезоле в 5-м году 14 марта (V. U., 17об.).

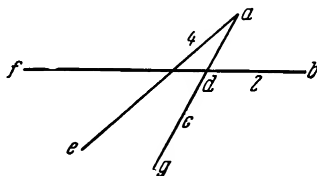
Коршун и другие птицы, которые мало машут крыльями, выискивают течение ветра, и когда ветер господствует вверху, мы их видим на большой высоте, а когда он господствует внизу, они держатся низко.

Когда ветра в воздухе нет, коршун взмахивает несколько раз крыльями при своем полете, поднимаясь ввысь и приобретая импульс, и с этим импульсом потом, опустившись немного, он движется на большом пространстве без взмахов крыл. А когда опустится, опять делает то же, и так продолжает вновь и вновь. И это опускание без взмахов крыльев позволяет ему отдыхать в воздухе, когда он устанет от указанных взмахов крыльями.

Все птицы, летающие толчками, поднимаются ввысь посредством взмахов крыльев, а когда они опускаются, то отдыхают; ведь, опускаясь, они крыльями не машут (V. U., 5об.).

Когда при спуске по прямой линии птица будет испытывать удары ветра снизу под крылья, такой спуск станет тем более отлогим, чем больше сила ветра. Доказательство основано на 9-м [положении] настоящей [книги], гласящем: «Из спусков по прямой линии, совершаемых в воздухе одинаковыми и равными друг другу тяжелыми телами, тó будет более отлогим, которое подвергнется ударам более стремительного ветра» (E, 36).

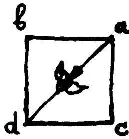
Птица имеет силу опускаться по линии своих раскрытых крыл, равную 4, а ветер, ударяющий в нее снизу, по силе равный 2, совершает путь свой прямо. Мы скажем тогда, что опускание этой птицы совершится по средней линии между прямым путем ветра и наклоном, в котором первоначально находилась птица с запасом силы, равным 4. Так, пусть наклон данной птицы



— линия *adc* и ветер — *bd*; я утверждаю, что если у птицы *adc* была сила равная 4 и ветер был силы равной 2, то птица не пойдет

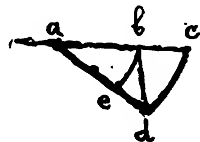
ни по течению ветра в *f*, ни по наклону своему в *g*, но будет падать по средней линии *ae*... И если такой спуск птицы по наклону будет иметь силу 4, а ветер, который ее гонит, силу 8, то птица совершит отраженное движение под ветром в противоположную сторону (V. U., 5—5об.).

П е р н а т ы е. Если одна часть ветра *a* будет двигаться в *b*, а другая часть того же ветра *c* в *d*, птица *a* окажется в *d*, при этом она посчитается и с природой толкающего ее ветра и с природой своего наклона и тяжести; ее движение будет стоять к движению ветра в таком же отношении, в каком к стороне квадрата стоит диагональ этого же квадрата. И вот мы пришли к заключению о возможности того, что предположили, а именно, что без взмахов крыльями птица может стать более быстрой, чем ветер, который ее толкает (E, 39об.).



О т е л а х, к о т о р ы е д в и ж и м ы д р у г и м и т е л а м и п р о с т ы м д в и ж е н и е м. Движимое тем быстрее, чем больше скорость его двигателя. Следовательно, птица, переносимая ветром по той же самой прямой линии, по которой движется и он сам, будет обладать скоростью, равной скорости этого ветра. Но если переносимые ветром тела́ имеют больший наклон к земле, чем прямая линия, по которой движется ветер, то движение тела получит бо́льшую скорость, чем движущее. Если же наклон переносимых ветром тел будет обращен в сторону неба, это послужит явным знаком, что движение движимого медленнее, чем движение ветра. Причина такова: наклон, направленный к земле, порождает такое движение по причине тяжести тела, а не по причине благоприятного ветра, тогда как наклон движения, совершаемого телом в сторону неба, единственно обусловлен формой движущегося тела. Примером такой формы служит лист, который, будучи подхвачен ветром со своей широкой стороны, поднимается ввысь единственно благодаря содействию ветра и движется в меру движения ветра, как это доказано будет в своем месте (E, 39об.).

Когда ветер гонит птицу в направлении, параллельном своему движению, то скорость ее равна скорости ветра. Если птица без взмахов крыльями гонима ветром и имеет более отлогое направление, чем ветер, она будет двигаться в ту же меру быстрее, чем ветер. Доказательство: пусть ветер проходит по горизонтали одну ступень пути за одну ступень времени, а птица гонима тем же ветром за то же самое время на такую же ступень. Пока оба движения равны. Но, считаясь с наклоном, который имеет движение птицы, мы положим, что она приобретает еще одну ступень движения за то самое время, за которое ветер приобретает одну ступень. Отсюда следует, что птица может получить за одно и то же время вдвое бо́льшую скорость, чем ветер, который ее гонит. Но такое наклонное движение не увеличивает путь между этим горизонтальным направлением и центром мира. Так, если горизонтальное направление — линия *ac* и по ней движется ветер из *a* в *c*, а птица движется при содействии ветра и при содействии своей тяжести из *a* в *d*, я утверждаю, что за одно и то же время птица продвинулась бы без содействия своей тяжести из *a* в *b*, а при содействии ветра и тяжести из *a* в *d*. Одно движение стоит к другому в отношении 3 : 2 (движение из *a* в *d* и движение из *a* в *b*). Но что касается удаленности положений, *ad* равносильно *ab*, как показывает нам отвес *bd*, и т. д. (E, 40).



Двумя способами ветер держит птиц неподвижными в воздухе без взмахов их крыльев. Первый — когда ветер ударяется о поверхность крутых гор или высоких морских утесов; тогда птица располагается по такому наклону, по которому она отдает фронту отраженного ветра тяжесть, равную силе сопротивления этого фронта, и так как равные друг другу силы не одолевают одна другую, птица, по необходимости, остается неподвижной благодаря своей незаметной вибрации. Второй прием — когда птица располагается на [горизонтальном] течении ветра по такому наклону, что имеет

силу опускания, равную той силе, с которой ветер сопротивляется ее опусканию (Е, 41об.).

Определение волн и импульса ветра, действующего на летающие существа. Птица вблизи гор или высоких морских утесов держится в воздухе посредством незаметного балансирования, и происходит это благодаря поворотам ветров, ударяющихся о подобные округлые выступы.



Понуждаемые сохранять начатый импульс, эти ветры направляют свой прямой путь к небу, по-разному поворачивая назад, и на фронте их течения держатся птицы, развернув крылья и принимая снизу непрерывные удары отраженных течений ветров. При этом, благодаря наклону своего тела, птица действует навстречу ветру с такой тяжестью, с какой сила ветра действует навстречу этой тяжести. И так, при подобном балансировании птица держится, пресекая малейшие намеки на любое различие в силах, которое могло бы возникнуть (Е, 42об.).

Каким образом птица держится неподвижно в воздухе на ветре и не сдвигается с своего положения. Если ветер, бьющий в птицу спереди, будет иметь ту же силу, что и птица, держащаяся на ветре и стремящаяся упасть навстречу ему, такая птица окажется без движения; и движение, которое она должна была бы совершить, будет совершаемо ветром в противоположном направлении.

Если ветер сильнее и птица гребет назад, она окажется без движения.

Если ветер дует сверху и спереди, а птица сопротивляется движению вниз и назад, сообразуясь с особенностями мест, откуда она может упасть, она остается без движения.

Если, наконец, ветер дует спереди и снизу и является более сильным, нежели тяжесть птицы, то необходимо крыльям сократиться и занимать меньше воздуха — тогда в них будет ударять меньшее количество ветра — и при этом крыло должно грести несколько назад. Тогда такая птица останется без движения (С. А., 71об.).

Птица, которая держится на воздухе против движения ветров, имеет в себе силу, стремящуюся опуститься, а другая подобная сила заключена в ударяющем ее ветре, который стремится поднять ее ввысь. Если эти силы друг другу равны, они неспособны одолеть одна другую, а потому птица не поднимется и не опустится, следовательно, останется неподвижно в своем положении в воздухе. Доказательство: пусть птица находится в воздухе в течении ветра *abdc* и этот ветер, ударяя снизу в наклон крыла *nf*, образует клин. Он поднял бы птицу вверх и отодвинул назад наклонным движением, если бы не было противоположной силы, которой обладает ее тяжесть; эта тяжесть стремится опуститься книзу и вперед, как показывает наклон *gh*; и так как равные силы не одолевают одна другую, а сопротивляются одна другой, такая птица не поднимется и не опустится, следовательно, останется неподвижной в своем положении и т. д. (Е, 22об.).



Равные силы не одолевают друг друга. Доказательство: птица держится на потоке воздуха, против него, своим наклоном. По этому наклону она хочет опускаться навстречу ветру с силой равной 4, а ветер, ударяющий ей в грудь и в рули крыльев, также имеет силу, равную 4; так как одна четверка равна другой, движения не возникает.

Какая часть стремится опускаться по наклону? Часть, которая стремится опускаться по наклону, —

грудь и корпус птицы, сам по себе расположенный наклонно; а часть, которая стремится подняться, — крылья. У них ветер образует клин, встречая их под наклоном, противоположным наклону корпуса. Дующий в горизонтальном направлении ветер ударяет в них и был бы способен поднять птицу ввысь, если бы этому не препятствовала сила наклона наклонной тяжести. Обе эти силы, равные друг другу, сопротивляются одна другой и уничтожают движение птицы, если ветер сохраняет то же движение и ту же силу (W, 12657).

Если наклонное движение птицы, спускающейся навстречу ветру, делает тяжесть этой птицы большею, нежели ветер, ударяющий в нее спереди, то движение такой птицы будет быстрым против этого ветра (C. A., 353 c).

Птица будет держаться в воздухе без перемены положения и в том случае, если сила ветра превосходит силу ее тяжести; этого она достигает посредством небольшого и быстрого движения крыльев, гребя ими назад, к течению ветра, со скоростью, превосходящей скорость этого ветра. Так она держится в горизонтальном положении.

Птица будет держаться в воздухе без перемены крыльев или положения и в том случае, если сила движения воздуха превосходит тяжесть ее. Это противодействие она оказывает своим наклоном, оставаясь в наклонном положении (C. A., 180 a).

Как балансирует птица при перемене силы и скорости одного и того же ветра? Если в случае указанного равновесия или балансирования птицы на встречном ветре происходит изменение последнего из слабого в сильный без перемены его направления, птице необходимо уменьшить отлогое положение своего корпуса; благодаря такому уменьшению, птица приобретает тяжесть тем большей силы, чем больше возрастает сила ветра и чем более отлогим становится положение крыльев. Ведь если противоположные наклоны корпуса и крыльев всегда остаются равными друг другу, птица способна, не меняя

места, одинаково противостоять как сильному, так и слабому ветру; но, так как подобное средство не отвечает цели, необходимость учит ее, что наклон корпуса книзу нужно делать тем более крутым, чем более или чем менее ветер становится сильным в том или ином случае (W, 12657).

Рули [*a* и *d*], расположенные на плечах крыльев, совершенно необходимы, поскольку эти органы являются причиной, которая держит птицу в воздухе на весу, неподвижно, против течения ветров (E, 23).



Большой палец крыльев птица пускает в ход тогда, когда хочет держаться на крыльях, препятствуя их вибрацией своему опусканию. А кроме того, такие рули (или пальцы) поворачиваются лицевой стороной к тому воздуху, в котором птица скользила бы без наклона,— ударяя в него этими рулями, она противится подобному скольжению (K, 8).





Здесь большие пальцы крыльев те, что прочно держат птицу на воздухе, против движения ветра, т. е. движется ветер, на котором она без взмахов крыльями держится, а сама птица положения не меняет.

Это происходит по следующей причине: птица располагает крылья под таким наклоном, что ударяющий ее снизу ветер не образует с ними клина такого свойства, который способен был бы ее поднять; но тем не менее поднимает как раз настолько, насколько тяжесть ее хотела бы опуститься, т. е. если птица хочет опуститься с силой равной 2, ветер хотел бы поднять ее с силой также равной 2, и так как равные вещи не одолевают одна другую, то эта птица остается на месте, не поднимаясь и не опускаясь.

Остается сказать о движении, которое не гонит птицу ни вперед, ни назад. Это бывает, если ветер хочет сопровождать, т. е. толкать птицу с ее места, с силой равной 4, а птица с той же силой спускается по указанному наклону против этого ветра. В этом случае, поскольку эти силы равны, подобная птица не будет ни продвигаться вперед, ни отгоняться назад при неизменном ветре. Но так как движения и сила ветра переменчивы, а наклоны крыльев не должны меняться, ибо если ветер возрастет и птица изменит наклон, чтобы не быть толкаемой этим ветром вверх, ⟨...⟩.

Ветер в указанных выше случаях не подходит, как клин, снизу под наклонные крылья, а под ребром встречает крыло, которое хочет спускаться против ветра. Поэтому ветер ударяет в ребро плеч и это плечо образует прикрытие для всей остальной части крыла. И здесь никак нельзя было бы остановить спуска крыльев, не будь большого пальца *a*, который поворачивается тогда лицевой стороной и принимает на себя всю силу ветра, — прямо в лицо или не совсем прямо, в зависимости от большей или меньшей силы ветра[12] (V.U., 13).

П т и ц ы: о н а к л о н н о м д в и ж е н и и. Противник говорит, что если птица испытывает удары ветра снизу, то она всегда поднимется ввысь. Это будет в том случае, когда она летит против ветра. Однако, если птица и ветер с одинаковым движением направляются по тому же самому пути [т. е. в одну и ту же сторону], необходимо, чтобы с каждой ступенью движения, совершаемого ветром, эта птица приобретала ступень снижения. Следовательно, мы скажем, что за время, когда ветер проходит одну ступень по горизонтальной линии, каковую ступень мы назовем и т. д. (G, 41об.).

Птица, которая должна подняться без взмахов крыльями, располагается наклонно против ветра, обращая к нему крылья с их локтями, повернутыми лицом, причем центр ее тяжести находится больше в сторону ветра, чем центр крыльев. Поэтому оказывается, что если птица хочет спускаться с силой равной 2, а ветер ударяет ее с силой равной 3, то это движение повинуется 3, а не 2 (V. U., 15).

Каким образом птица поднимается посредством ветра, без взмахов крыльями. Птица поднимается без взмахов крыльями на значительную высоту посредством ветра, который ударяет ее в большом количестве под расположенные наклонно крылья и хвост и в ее спину, расположенную под противоположным наклоном. Доказательство: ветер, уплотнившись под птицей, действует под ней подобно клину, который толкает снизу груз; такой клин с каждой ступенью движения сообщает тяжести ступень высоты. Но так как противоположный наклон корпуса птицы располагает ее к опусканию навстречу течению ветра с той же силой, с какой ветер поднимает птицу ввысь, благодаря наклону корпуса, который противоположен наклону крыльев, так что настолько ⟨...⟩ (E, 43об.).

Птица никогда не движется ввысь, если ветер не проникает под нее снизу и не образует под ней клина, несколько толкая ее по линии своего течения. Здесь возникает сомнение, а именно: если клин поднимает предмет, расположенный над ним по отвесной линии, только в том случае, когда этот предмет прислонен так, что не может подаваться вперед при ударе вместе с клином, каким образом на ветре, образующем для нее клин, птица сможет подняться, не будучи уносима вместе с ним? Выходит, что для птицы подниматься вверх против ветра трудно, разве только она станет подниматься падая, подобно воде в полом винте [водяной «улитке»] (C. A., 220 a).

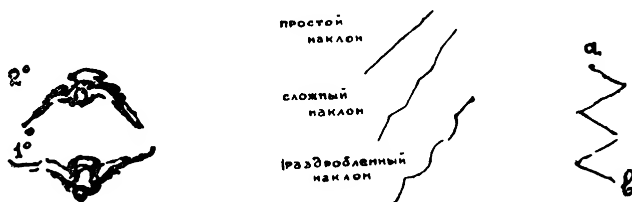
Когда птица слетает с какого-нибудь места вверх, ветер значительно благоприятствует ей. Если она желает использовать его с выгодой для себя, откуда бы он ни дул, она располагается наклонно на течении ветра, забирая его под себя в виде клина, и дает начало своему взлету, несколько подпрыгивая. Такое начало взлета будет произведено птицей с наибóльшим



эффектом, если его увеличит импульс прыжка, клин ветра и внезапное опускание крыльев (С. А., 214об. а).

Птица, уносимая импульсом, видя, что она летит выше, чем то место, где она хочет расположиться, расширяет и опускает хвост; в этот хвост ударяет тогда воздух и посредством такого движения птица изменяет свое прямое направление, делая его кривым и заканчивая движение над тем местом, где она садится (E, 52).

Спуск птиц бывает двоякий. Один из них — спуск наверняка, в определенное место, другой — спуск неопределенный, в два или более мест. В первом случае птица держит крылья раскрытыми,



с концами, поднятыми выше спины, и, держа эти концы на одинаковой высоте, опускается по простому прямому наклону в назначенное место. Во втором случае птица опускается с неподвижными концами крыльев, расположенными ниже груди, а хвост изгибает то вправо, то влево и опускается в этом случае то по простому наклону, то по сложному (obliquità composta), а иногда по раздробленному (obliquità decomposta) (E, 36об.).

Если крылья будут расположены наклонно, а корпус горизонтально, нет сомнения, что птица спустится по линии наклона крыльев; но такой наклон будет попеременно направляться вправо и влево, как показывает движение *ab* (С. А., 77об. b).

О наклонном движении птиц. Птица, которая истощает импульс до конца, при полете навстречу течению ветра, с раскрытыми крыльями, без их движения (не считая необходимого

балансирования), окажется на ветре и всегда будет подниматься, но с тем бо́льшим или с тем меньшим приобретением высоты, чем бо́льшую или чем меньшую силу имеет движущий ее импульс и чем менее или чем более отлогим является наклон ее самой.

Если же птица без взмахов крыльями движется под ветром, импульс истощится при ее спуске, причем он будет тем долговечнее, чем более крутым является спуск.

Если птица с раскрытыми крыльями и без взмахов ими станет двигаться вместе с ветром в том же самом направлении, то эта птица с каждой ступенью движения будет приобретать ступень понижения. Но такое понижение будет тем более отлогим, чем быстрее ветер, как это доказано относительно тяжелых тел, брошенных в текучие во́ды.

И если птица испытывает удары ветра сзади и снизу, то она поднимется ввысь, но птицы делают это весьма редко, ибо такое движение переворачивает перья и пух в сторону их головы (Е, 49).

Почему редки случаи, что птицы летают по течению[13] ветра? Весьма редки случаи, что полет птиц происходит по течению ветра, и происходит это потому, что подобное течение взъерошивает и разъединяет перья на спине, а кроме того, остужает обнажившееся тело. Но особенно невыгодно, что птица после опускания по своей наклонной линии не может войти на ветер и при его содействии отразиться до покинутой высоты, не повернувшись сначала назад, что не отвечает ее цели — продвигаться вперед по своему пути... (Е, 37).

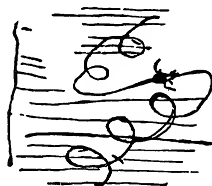
Все птицы, толкаемые водою или ветром, поворачиваются лицом против течения воды или ветра; это они делают для того, чтобы ветер или вода не проникали от концов к основанию перьев и одно перо прилегало к другому. Таким образом они остаются сухими и теплыми (К, 3об.).

Птицы, которые хотят проникнуть навстречу движению ветра, имеют обыкновение лавировать вправо и влево, подобно тому как поступают плывущие против такого течения ветра. И птица делает это во избежание больших спусков; ведь если бы она не считалась

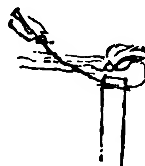
со значительным спуском, то бросалась бы прямо навстречу движению ветра и, попадая под ветер наклоном своей продольной оси, отдавала бы по этой линии такую тяжесть, что побеждала бы сопротивление ветра (К, 8об.).

Птица, которая опускается против ветра, опускает ноги, в которые ударяет ветер, и это она делает для того, чтобы не отклонять хвоста от прямого направления всего своего тела, когда она хочет спуститься (С. А., 97об. а).

Когда птица, обладающая импульсом, движется против ветра, она делает быстрые и длинные взмахи крыльями, двигаясь в наклонном направлении, и после таких взмахов крыльями на некоторое время остается узкой и низкой со всеми своими членами (Е, 54).



Когда птица, кружа, значительно поднимается на ветре без взмахов крыльями, силою ветра, она будет переносима этим ветром за пределы той области, куда она хочет вернуться также без взмахов крыльями. Тогда она поворачивается лицом к притекающему ветру, вступая своим наклоном под ветер, несколько наклоняясь, до тех пор пока не окажется над тем местом, куда хочет возвратиться (V. U., 11об.).



Всегда птица, садящаяся на какое-нибудь место, обращается клювом в сторону притекающего ветра (С. А., 160 b).

Птице, которая летит против ветра и хочет сесть на высоком месте, необходимо лететь выше этого места, а затем повернуться назад и без взмахов крыльями опуститься на указанное место. Доказательство: если бы эта птица захотела прекратить полет для посадки, то ветер отбросил бы ее назад, что не может случиться, если она перевернется указанным образом (Е, 51).



П р а в и л о. Когда птица испытывает удары ветра снизу с правой стороны и хочет приземлиться в каком-нибудь месте, она опускает то из крыльев, которое находится над той стороной, куда она хочет спуститься (Е, 49об.).



Если полету птицы способствует длина ее и ветер ударяет ее в бок, то необходимо, чтобы направление ее полета проходило между этой ее длиной и указанным боком. Так, если птица *ab* хочет лететь из *a* в *c*, а ветер *f* ударяет ее с фланга или сбоку, то она должна направить свое движение по линии *ag*, а ветер будет непрерывно изгибать эту линию по кривой *mnc*. Так птица достигает своей цели и окажется в намеченном месте *c*.

Но если ветер стал бы изгибать путь птицы по линии более кривой, нежели требует ее воля, тогда птица возобновит полет против ветра, как она делала это раньше, а затем вторым криволинейным движением направится в желанное место (Е, 51).

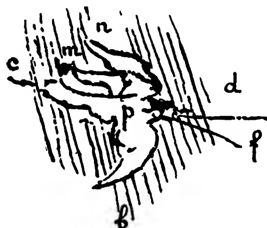
Птица, которая испытывает удары ветра в бок, движет крыло, находящееся со стороны ветра, тем больше и тем быстрее в сравнении с другим крылом, чем стремительнее движение этого ветра. Доказательство: пусть *abc*—птица, движущаяся по линии *af*, а ветер *de* ударяет ее в крыло *ab*. Он переносил бы ее по линии своего течения, если бы крыло *ab* не обладало движением более быстрым, нежели он. По этой причине ветер ударяет в бок птицы, получая отраженное возвратное движение в сторону крыла, опускающегося после взмаха; и таким образом птица получает новую поддержку против указанного изгибания прямой линии своего движения. Следовательно, мы пришли к выводу, что большое и быстрое движение, совершаемое в более значительной мере крылом, испытывающим удары ветра,



нежели крылом противоположным, наряду с ветром, ударяющим в птицу и отражаемым к крылу, является тем, что не дает ветру искривлять прямой полет птицы. Кроме того, если бы противоположное крыло не обладало медленным и незначительным движением, оно ударялось бы о течение ветра, а ветер об него, и таким образом последний получал бы весьма значительную силу, позволяющую уносить птицу по своему течению, и т. д. (Е, 36об.).

Когда дует северный ветер и перемещает птицу, а она хочет повернуться лицом к ветру, она гонит крыло вниз, переворачивается и оказывается спиной под ветром (К, 14).

Птица, которая без взмахов крыльями летит к востоку, пересекая течение южного ветра, подбирает правое крыло и разворачивает левое; это неравенство крыльев основано на 9-м [положении] 1-й [книги], гласящем: «Птица, которая без взмахов крыльями держится в потоке ветра или же спускается по наклону в неподвижном воздухе, изменяет свое прямолинейное движение в криволинейное, направленное в ту сторону, на которой сокращается одно из крыльев». Следовательно, птица p, летя по линии cf при одинаковом развороте крыльев nb, повернет это движение из cf в d, подобрав правое крыло из n в m (G, 41об.).



Птица, которая без взмахов крыльями спускается по сильно отлогой линии под притоком ветра, поворачивает свое прямое движение в ту сторону, где сократилось одно из крыльев (G, 49об.).

Когда птица движется благодаря ветру и хочет быстро повернуться к этому ветру, она должна войти под ветер крылом, обращенным в его сторону, а перьями хвоста, обращенными к ветру, войти на ветер. При таком содействии ветра, ударяющего в хвост, она поворачивается значительно быстрее (К, 9об.).

Природа ровного ветра такова, что он способен выправить положение всех неодинаково расположенных частей птицы и сделать концы ее одинаково от-

стоящими от центра ее величины (здесь имеется в виду случай, когда птицы держатся в воздухе без взмахов крыльями при содействии ветра). А потому птица совершает сначала круговое движение и затем прямолинейное (К, 11 об.).



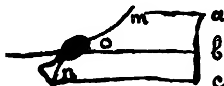
Когда птица переходит из медленного в быстрое течение ветра, она дает ветру переносить себя на известном протяжении до тех пор, пока не подготовится к новому удобному положению, как это будет доказано в настоящей книге, и т. д. (Е, 54).

Если птица движется к северу на ветре и ветер хочет повернуть ее к востоку, то, чтобы не менять одинакового разворота своих крыльев, которые она держит в состоянии высшей легкости, птица опустит правый конец хвоста и им примет удар ветра в большей степени, чем в левый конец. Таким образом она будет сохранять свое прямолинейное движение к северу на ветре (Е, 48).

Когда птицу уносит благоприятный северный ветер, а сама она движется к юго-востоку, она держит одно крыло неподвижно в сторону северо-востока, несколько над ветром, опуская юго-западное крыло, и так образует парус для ветра; принимая снизу его удары под углом. Этим крылом птица взмахивает редко, но им она регулирует свое положение в зависимости от большей или меньшей силы ветра (К, 13об.).

Если величина наклона хвоста от центра птицы назад будет больше, чем наклон крыла от центра вперед, то птица повернется лицом к ветру. А если наклон крыла будет больше, чем наклон хвоста, хвост повернется навстречу течению ветра (К, 6об.).

Всегда ветер, ударяющий в хвост, более удален от центра и более силен, чем ветер, ударяющий в крылья.



То, что здесь предложено, доказывается так: если крыло расположено в соответствии с хвостом таким образом, что количество ветра *ab*, ударяющего в крыло *mo*, равно количеству ветра *bc*, ударяющего в хвост сверху, в *on*, птица не будет вращаться, а будет уносима по линии течения ветра. Но если

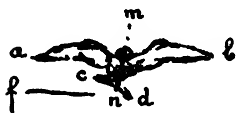
ветер, ударяющий в хвост сверху, окажется более сильным, нежели ветер, ударяющий в крылья снизу, хвост поддастся и будет побежден силой ветра, а крыло повернется к ветру, который станет сильнее, чем прежде, ибо движение крыла против ветра увеличивает свою скорость и силу, и таким образом ветер, проникая снизу, становится клином, поднимает и вращает птицу (K, 11).

Если руль или хвост птицы окажется под ветром, то ветер заставит опуститься заднюю половину птицы и повернет эту птицу лицом в сторону ветра. А если ветер будет ударять в наклон ее хвоста, когда она находится на ветре, она опустится спереди и повернется в его сторону (K, 5).

Второй руль[14] помещен на противоположной стороне, за центром тяжести птицы, и это — хвост ее, который, будучи ударяем ветром снизу и находясь по ту сторону названного центра, вызывает опускание птицы передней частью. И если хвост этот испытывает удары сверху, то птица поднимается передней частью. И если хвост этот несколько выкручивается и ставит наклонно свою нижнюю поверхность к правому крылу, то передняя часть птицы поворачивается в правую сторону. И если она поворачивает этот наклон нижней стороны хвоста к левому крылу, то она повернется передней частью в левую сторону, и в обоих случаях птица опустится.

Но если хвост в наклонном положении будет испытывать удары ветра с верхней поверхности, то птица повернется, медленно поворачивая хвост от той стороны, куда верхняя поверхность хвоста обращена своим наклоном (V. U., 13об.).

Хвост, толкаемый своей лицевой стороной и ударяющий по ветру, заставляет двигаться птицу внезапно в противоположном направлении (V. U., 12).



Коршун, который опускается к востоку по сильно отлогой линии при северном ветре, будет в своем движении отклонен этим ветром к югу, если не опустит правого конца хвоста, направляя движение несколько к юго-востоку. Доказательство: пусть *abcd* — птица, которая движется на восток по прямой *nm*, северный ветер ударяет ее поперек, по линии

fn; он отогнал бы ее к югу, если бы у нее не было правого конца хвоста, который опускается, чтобы принять ветер, ударяющий за центром тяжести на более длинном протяжении, чем перед центром тяжести (E, 52).

Птица, которая спускается на или под ветром, держит крылья тесными, чтобы ее не поддерживал (т. е. не мешал ей) воздух; и держит их крепко на своем корпусе, дабы импульс не перевернул ее (C. A., 66 a).

Когда наклон птицы испытывает удары ветра с нижней своей стороны, птица эта поднимется ввысь. Но когда этот наклон будет испытывать удары со своей верхней стороны, тогда такая птица будет вынуждена спускаться со своей высоты. Если же ветер, ударяющий в названных птиц с нижней стороны, будет готов опрокинуть их, птица сожмет несколько свои крылья, отчего станет спускаться более тяжелой своей частью (L, 60).

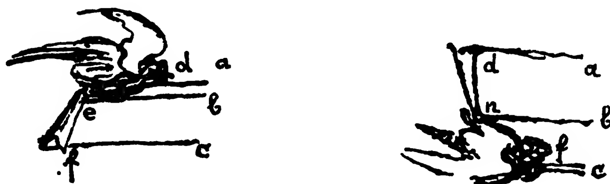
Когда ветер готов опрокинуть птицу назад, она сближает плечи друг с другом, отчего тяжесть более возрастает спереди по сравнению с прежним, а потому более тяжелая опускается сначала;. а кроме того, расширяется и изгибается книзу хвост (L, 62).

Птица, которая опускается под прямым притоком ветра, несколько запрокидывает крыло от плеча до конца; и она делает это, чтобы иметь некоторую зацепку (presa) при наиболее крутом из возможных движений против ветра (C. A., 353 c).

Птица, которая опускается при ветре, ударяющем ее снизу, усиливает этот спуск, поднимая хвост и подставляя его нижнюю сторону удару ветра (C. A., 160 b).

Птица, которая принимает ветер в лоб, опрокинется, поднимая и поворачивая шею к небу, но опускание и разворачивание хвоста препятствует такому опрокидыванию. И это получается оттого, что большее количество ветра ударяет в часть птицы, находящуюся книзу от ее центра тяжести, нежели в часть, находящуюся кверху от него (E, 53об.).

Когда птица находится на ветре, повернув клюв и грудь к ветру, птица таким ветром могла бы быть опрокинута, не опускай она хвоста и не получай большого количества ветра внутрь него; и делая так, невозможно быть опрокинутой. Доказывается это 1-м [положением] «Механических элементов», которое показывает, как вещи, приведенные в равновесие, будучи ударяемы по ту сторону центра их тяжести, гонят вниз противоположные части, расположенные по сю сторону названного центра. Так, пусть будет поверхность птицы *def* и центр ее вращения *e* и ветер, ее ударяющий, *abdc* и *bcef*;



я утверждаю, что большее количество ветра ударяет в *ef*, хвост птицы, по ту сторону центра вращения, нежели в *de*, по сю сторону названного центра; и по этой причине вышеназванная птица опрокинуться не может, в особенности, если ставит крылья к ветру ребром.

И если птица эта будет под ветром вдоль, она находится в опасности быть опрокинутой ветром, если сразу же не поднимет хвоста вверх. Доказывается это так: пусть длина птицы — *dnf*, *n* — центр ее вращения; я утверждаю, что *dn* испытывает удары большего количества ветра, нежели *nf*; и по этой причине *dn* будет повиноваться течению ветра, уступая ему место, и уйдет вниз, поднимая птицу в положение равновесия (V. U., 8об.).

Когда птица опускается к востоку, находясь на южном ветре своим правым крылом, то, без сомнения, она будет опрокинута, если не повернет сразу клюв к северу. Тогда ветер станет ударять в ладони ее рук по ту сторону центра ее тяжести и опять приподнимет ее передние части (V. U., 17об.).

Если конец крыла испытывает удары ветра и этот ветер проникает под этот конец снизу, то птица готова будет опрокинуться, если она не воспользуется одним из двух средств, а именно: либо внезапно войдет этим концом под ветер, либо опустит половину противоположного крыла вниз (V. U., 6об.).

Если птица не хочет быть опрокинутой ветром, в ее распоряжении имеются два средства. Первое: она меняет положение крыла, находившегося на ветре, сразу ставя его под ветром (т. е. то крыло, которое было обращено к ветру). Второе средство заключается в том, чтобы опускать противоположное крыло так, что ветер, ударяющий внутрь его, становится более сильным, нежели в крыле, обращенном к этому ветру (K, 12).

Когда птица поднимет крыло на ветре с той стороны, с которой в нее ударяет этот ветер, тогда она перевернется навзничь, если не опустит противоположного крыла и не примет сразу удар ветра по ту сторону центра своей тяжести, каковой удар сразу же приведет в горизонтальное положение концы ее крыльев.



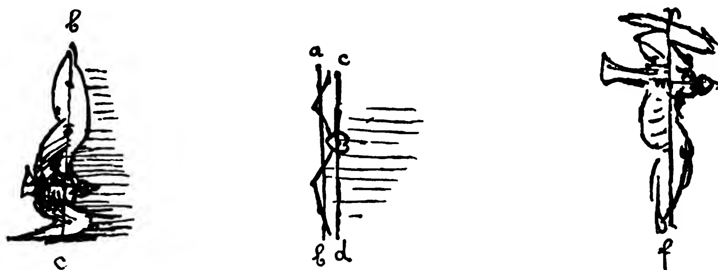
Менее одолеваем ударами ветра будет полет той птицы, которая простирается в бо́льшую и в более тонкую ширь, принимая означенные удары.

Эта птица не может упасть из *b* в *a*. Птица держится, готовая принять удар ветра под углом, — тогда конец нижнего крыла значительно изгибается и превращается в своего рода ногу, на которой до известной степени держится тяжесть птицы (E, 53об.).



Птица будет опрокинута ветром, если она, находясь в наименее отлогом положении [т. е. вертикальном], будет способна принимать снизу удар какого-либо бокового ветра. Но если, испытывая боковые удары ветра и оказываясь под угрозой быть этим ветром опрокинутой, она подберет свое верхнее крыло, то немедленно повернется корпусом к земле, а если подберет нижнее крыло, сразу же будет опрокинута ветром (E, 54).

Когда ветер снизу ударяет птицу под ее полетом, с той стороны от центра ее тяжести, которая обращена к ветру, тогда птица эта повернется хребтом к ветру; и при ветре более сильном снизу, чем сверху, птица опрокинулась бы, если б не сумела сразу же подобрать под себя нижнее крыло и развернуть крыло верхнее; таким образом она выравнивается и возвращается в положение равновесия.



Доказывается так: пусть будет крыло, подобранное под птицу, *ac*, а крыло раскрытое *ab*; я утверждаю, что в таком же отношении будут силы ветра, ударяющие в оба крыла, в каком находятся их длины, т. е. *ab* и *ac*. Правда, что *c* более широко, чем *b*; но оно настолько близко к центру тяжести птицы, что оказывает небольшое сопротивление в сравнении с *b*.

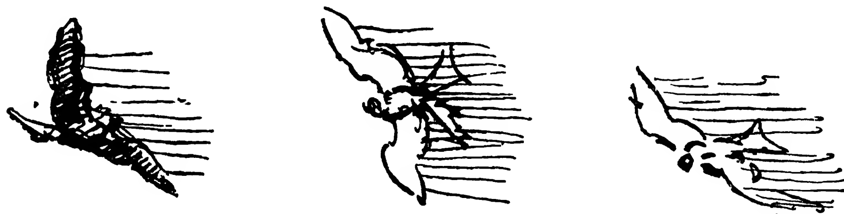
Но когда птица испытывает удары, находясь под ветром, в одно из своих крыльев, тогда, возможно, что ветер ее опрокинет, если бы немедленно, после того как она повернулась грудью к ветру, не простирала бы она к земле противоположного крыла и не сокращала бы крыла, которое сначала испытывало удары ветра и которое остается выше; так она сможет вернуться в положение равновесия. Доказывается это 4-м [положением] 3-й [книги], а именно: «Тот предмет одолевается, который поражаем большей силой». И еще 3-м 3-й, а именно: «Та опора оказывает меньшее сопротивление, которая более удалена от места своего прикрепления». И еще 4-м 3-й: «Из ветров равной силы тот будет иметь бóльшую силу, который имеет бóльшую массу, и тот будет ударять большей массой, который

встречает больший предмет». Следовательно, *mf* повинуется ветру, будучи длиннее, чем *mn* (V. U., 9).

Если крылья и хвост окажутся слишком на ветре, птица опустит половину противоположного крыла и примет внутрь его удар ветра,— тогда она сможет выправиться.



Если крыло и хвост оказались бы под ветром, птица поднимет противоположное крыло и выправится указанным тобою [на рисунке] способом [поднимая хвост], лишь бы поднимаемое крыло было менее отлогим, чем противоположное.



Если крыло и грудь будет на ветре, то опускается половина крыла, противоположного тому, которое испытывало удары ветра, — отбрасываемое вверх, оно выправит птицу.

Если крыло и спина будут под ветром, нужно поднимать противоположное крыло и обращать его к ветру, — тогда птица выправится.

Если птица задней своей частью будет на ветре, тогда нужно поставить хвост под ветром и ты увидишь, что силы выравняются. Если же задние части птицы будут под ветром, птица станет своим хвостом на ветре и выправит свое положение (V. U., 8).

О падающих и отраженных движениях

Падающие движения вместе с их отраженными движениями бывают четырех видов. В первом случае падающее и отраженное — прямолинейные и линии их — одинакового наклона; во втором случае они также прямолинейные, но наклоны разные. В третьем: падающее движение — прямолинейное, а отраженное — криволинейное; в четвертом: падающее — криволинейное, а отраженное — прямолинейное. Прямолинейные и криволинейные в свою очередь бывают двоякие, так как первое прямолинейное падающее движение может происходить прямо против хорды дуги, описываемой криволинейным отраженным, или же эта отраженная дуга может отклониться вправо или влево от падающего прямолинейного (V. U., 10).

Отраженные движения вместе с падающими бывают у птиц двух видов. Первый вид — когда отраженное движение происходит в той же плоскости, что и падающее. Второй — когда отраженное происходит в одной, а падающее в другой плоскости (E, 41).

Никакой импульс, порождаемый каким-либо движением, не может истощиться сразу, и если он находит предмет, обладающий значительным сопротивлением, то истощается при отраженном движении.

Импульс, приобретаемый при взмахах крыльев, во время наклонного спуска птиц, является причиной, почему эти птицы спускаются на большом пространстве без взмахов крыльями и по указанному наклону.

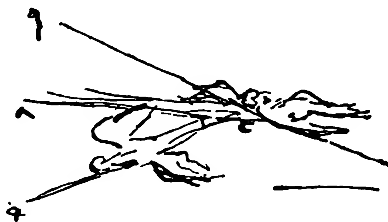
Определи, что такое импульс, что такое наклонное движение, что такое больший или меньший наклон и каким образом отраженное движение птиц становится более или менее наклонным в зависимости от большего или меньшего раскрывания хвоста и крыльев.

Приобретенный импульс будет долговечнее в том случае, если соответствующее движение происходит по менее отлогой линии (C. A., 161об. a).

Теория (scientia). Импульс, приобретаемый птицей при ее падающем движении, может отразиться в любом направлении:

в виде прямолинейного или криволинейного возвратного движения и т. д. Это движение продолжается до тех пор, пока импульс не израсходуется (Е, 49об.).

Падающее движение всегда соединено с соответствующим ему движением отраженным; начало отраженного движения соединено с концом падающего движения, и если они непрерывно сохраняются, то всегда поочередно одно является причиной другого и смерть одного непосредственно рождает другое. Следовательно, оба никогда не будут одновременно обладать жизнью. Падающее движение имеет слабое начало и всегда возрастает, а движение отраженное — наоборот и т. д. (Е, 42об.).



Каким образом птица движется против ветра. Воздух, или, вернее, ветер, приходит из *a* в *b*, птица поднимается по линии *qb*, затем спускается по линии *cd*, затем вновь поднимается посредством того же ветра и затем вновь опускается по тому же закону (С. А., 214об. а).

Посредством ветра, т. е. приобретение [движения] против этого ветра. Когда птица летит против



ветра, она вынуждена приобретать движение против этого ветра по линии, наклонной в сторону земли, вступая под ветер. И так как ее тяжесть сильнее, чем то количество ветра, которое ударяет в нее под неодинаковыми углами, она свободно опустилась бы к земле [по вертикали], не будь количество воздуха, находящегося против

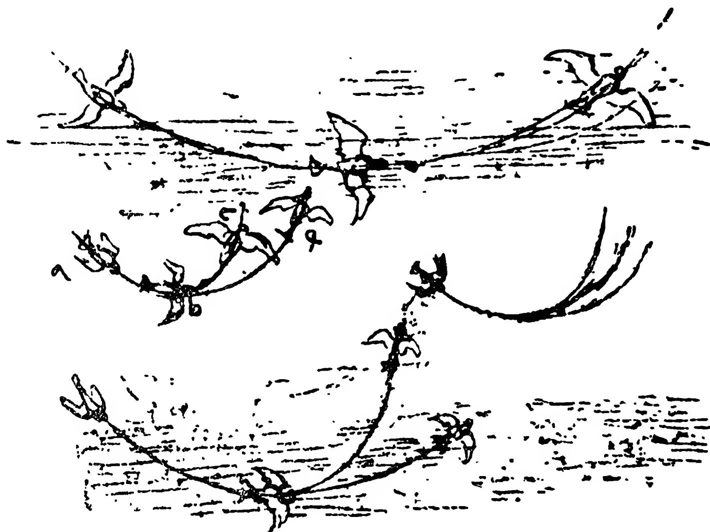
нее, по линии ее движения, значительно меньшим, нежели количество воздуха, соприкасающегося с ней снизу и прилегающего к ней. Движение ее единственно одолевает менее сопротивляющийся воздух; а тот воздух сопротивляется меньше, количество которого меньше. Следовательно, сказанное удостоверяет нас, что птица станет двигаться против воздуха, который менее сопротивляется и который прилегает к плечам ее крыльев, а не против того воздуха, который прилегает снизу ко всей поверхности названных крыльев.

Прямолинейное движение. Но когда такая птица захочет подняться ввысь, она вступит под ветер и будет значительно гонима импульсом, приобретенным ею при вышепомянутом своем спуске, так что, при подобной приобретенной скорости, она опустит хвост, равно как и локти (gomiti) своих крыльев и поднимет вверх свои плечи (omeri). Тогда она окажется на ветре, и такой импульс, лишенный возможности завершить или истощить сразу же свое бытие, вынужден следовать по той линии, где меньше воздуха препятствует движению, т. е. где движение более свободно, — это будет по той линии, где крылья обращены ребром к ударяемому ими воздуху, т. е. всегда по той линии, где встречный воздух рассекается плечами, расположенными на толще крыл, и никогда по линии, проходящей по их ширине. Итак, сделав это, птица поднимается ввысь без взмахов крыльями, ибо ветер, проходящий снизу нее, поднимает ее ввысь, подобно клину, поднимающему груз.

Он заставил бы ее повернуться назад, если бы при подобном подъеме не замедлялся и не истощался ранее приобретенный импульс. Когда же этот импульс истощится, птица будет опрокинута ветром, перенесшим ее ввысь, если сразу же не опустит рули на плечах крыльев и не войдет под ветер, опуская хвост. Тогда кончившееся движение возобновится и, спускаясь по наклону, птица вновь приобретает ранее потерянный импульс, посредством которого затем снова отраженным движением она поднимается ввысь, пока вновь не потеряет этот приобретенный импульс. А если движение круговое, птица должна соблюдать другие правила, каковые последовательно, по порядку будут изложены (В. М., 166об.).

О движении против ветра без взмахов крыльями, которое поднимает птицу вверх. Здесь падающее движение происходит под ветром, а движение отраженное будет на ветре (В. М., 277).

Когда два тела, обладающие импульсом, встречаются, удар получается более сильный, нежели их импульс без встречи; следовательно, импульс птицы, встречаясь с импульсом ветра, увеличивает ее простой импульс, и отраженный оказывается больше и выше.



Птица движется против ветра без взмахов крыльями, и это происходит под ветром благодаря ее наклону, а затем она отражается, поднимаясь на ветре до тех пор, пока не израсходует уже приобретенный импульс. В этом случае скорость опускания необходимо должна быть больше скорости ветра настолько, чтобы в конце отраженного движения смерть приобретенного импульса дала бы скорость, равную скорости ветра, ударяющего в птицу снизу.

У птиц, летящих против ветра, конец отраженного движения гораздо выше, чем начало их падающего движения; и здесь природа

не нарушает своих законов, что доказывается ранее сказанным (Е, 43).

Птица при падающем движении сокращает крылья, а при отраженном раскрывает их, и делает это потому, что становится тем тяжелее, чем больше их сокращает, и тем легче, чем больше их раскрывает (Е, 41).

Всегда подъем посредством отраженного движения будет происходить при крыльях и хвосте совершенно раскрытых, а спуск падающего движения происходит при крыльях и хвосте в значительной мере свернутых (С. А., 308 b).

Птица, отражаясь, поднимается тем выше, чем шире делается; доказывается 15-м [положением] «О пространственном движении», гласящим: «То тяжелое тело, которое по линии своего движения занимает меньшее количество воздуха, скорее проходит сквозь него». Следовательно, наибольшее расширение крыльев производит наибольшее сокращение толщины птицы, и таким образом импульс ее отраженного движения испытывает меньшее препятствие, отчего она больше поднимается в конце этого отражения (Е, 37об.).

О двух противоположных наклонах, из которых один — опускающийся, а другой — отраженный. Движение той птицы, которая опускается по двум противоположным наклонам, будет тем длиннее, чем более наклон, ее поднимающий, подобен наклону, по которому она опускается. Доказательство: допустим, что длина самого наклона, по которому опускается птица, составляет 100 миль в час по направлению к земле при понижении на 100 локтей, тогда как противоположный наклон, по которому птица отражается за такой час, отнимает половину подобного понижения; тогда я говорю, что движению на 100 миль соответствует движение на 50, как будет доказано в своем месте (Е, 38).

О движении птиц. Движение птиц без взмахов крыльями при непрерывном спуске становится ли более долгим на опреде-

ленной наклонной линии, иными словами, делают ли его таковым частые отраженные движения? и если птица должна перелететь с одного места на другое, достигнет ли она его быстрее, совершая



стремительные падающие движения, а затем, поднимаясь ввысь путем отражения, опять совершая новое падение и так далее, вновь и вновь (F, 41об.).

О птице, которая летает посредством отраженных движений (a balzi). Птица, которая летает посредством отраженных движений, приобретает импульс при своем



спуске, так как в этом случае, свертывая крылья, она приобретает тяжесть, а потому становится быстрой. А отсюда следует, что отраженное движение более сильно; к нему присоединяются еще взмахи крыльев, удваивающие ту силу, которую порождало простое отраженное движение. Благодаря такому удвоению, путь отраженного движения становится более длинным, нежели он был бы без этих добавочных взмахов крыльями. И это есть настоящая причина, почему отраженное движение равно соответствующему падающему движению и почему в итоге получается равенство между высотой опускания и высотой подъема (C. A., 97об. а).

О птице, которая движется без ветра или без взмахов крыльями. Движение птицы без взмахов крыльями или без поддержки ветра происходит по сильно отлогой линии и поднимается вверх, благодаря отражению. Подъем составляет $^7/_8$ высоты падающего движения, и так птица продолжает мало-помалу [снижаться], пока не достигнет земли (B. M., 277).

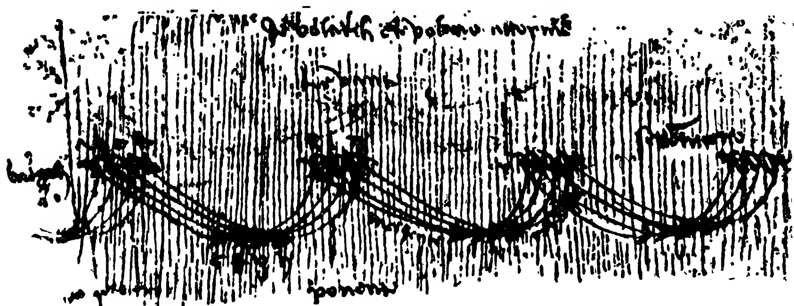
Птица, которая после своего опускания отражается в воздухе, никогда не вернется на первоначальную высоту без взмахов крыльями и содействия ветра.

Птицу, которая опускается по прямому наклону навстречу течению ветра, отраженное движение всегда поднимет на бо́льшую высоту в сравнении с падающим.

Криволинейный наклон, наблюдаемый при полете птиц с падающим и отраженным движением, навстречу течению ветра, гораздо надежнее, чем те же движения по наклону прямому (E, 48).

Почему перелетные птицы летают против течения ветра? Перелетные птицы летят против движения ветра не для того, чтобы их движение становилось более быстрым, а для того, чтобы оно было более продолжительным и менее утомительным. И происходит это потому, что птицы с небольшими взмахами крыльев проникают в ветер по наклонной линии и движение по этой линии совершается под ветром. После такого стремительного движения они располагаются наклонно на течении ветра и этот ветер, проникая снизу под наклон птицы, действует наподобие клина; он поднимает птицу до тех пор, пока не истощится приобретенный импульс; вслед за тем птица повторяет вышеуказанное отраженное движение на ветре, пока вновь не вернется на потерянную высоту, и так поступает последовательно, вновь и вновь (E, 37).

О птицах, которые летают стаями. Когда птицам, летающим стаями, доводится совершать долгие перелеты и ветер случайно ударит в них в бок, они получат большую помощь при своем полете. И происходит это оттого, что такой полет совершается подскоками (a balzi), без работы крыльев. Ведь падающее движение птиц совершается под ветром, с несколько сокращенными крыльями, в сторону намеченной ими цели, а движение отраженное совершается на ветре с открытыми крыльями, поднимаясь вверх против течения этого ветра. И так, проникая под птицу, ветер поднимает ее по направлению к небу, наподобие клина, который проникает снизу под тяжесть, расположенную над ним; по этой причине птицы и подни-



маются на должную высоту, равную начальной высоте падающего движения. И отраженные движения всегда совершаются против ветра (E, 40об.).

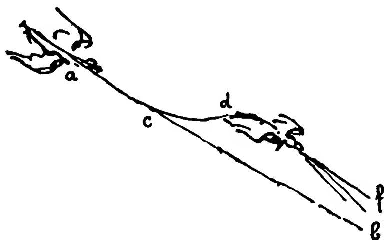
Прежде чем птицы соберутся в свой долгий перелет, они выискивают ветры, благоприятные для их движений. Эти благоприятные условия имеют различную природу у различных видов птиц, ибо птицам, летающим толчками (a scosse) или бросками (a balzi), необходимо летать против ветра; другие принимают ветер с одного из своих боков под разными наклонами; третьи принимают его по любому направлению.

Птицы, летающие толчками, каковы, например, дрозды (tordi) и т. п., летающие стаями, имеют перья в крыльях слабые и плохо защищенные перьями более мелкими, образующими прикрытие для перьев более крупных. По этой причине необходимо, чтобы их полет совершался против течения ветра, ибо этот ветер прижимает и заставляет прилегать одно перо к другому, благодаря чему поверхность их становится гладкой и скользящей, когда она проникает в воздух. Обратное было бы, если бы ветер ударял таких птиц со стороны хвоста, ибо в этом случае он проникал бы под каждое перо и переворачивал бы перья в сторону головы, отчего полет таких птиц превратился бы в столь же неопределенное движение, каково движение листа в потоке ветров: этот лист непрерывно кружит в воздухе, по-разному переворачиваясь. И кроме того, их тело оказалось бы без защиты против удара холодных ветров. Чтобы избежать подобных

случайностей, птицы эти летают против течения ветра извивающимся движением и их броски приобретают большой импульс при спуске, совершаемом при крыльях сокращенных, под ветром. Отраженное же движение происходит с раскрытыми крыльями, на ветре, и этот ветер доводит птицу в воздухе до той самой высоты, какую она имела в начале спуска. И так птица продолжает, пока не достигнет желанного места (E, 41).

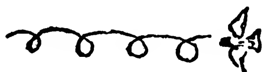
Дрозды и другие птицы охотно летают против ветра (K, 14).

Дрозды и другие мелкие птицы совершают свои перелеты против течения ветров, так как летают подскоками, т. е. совершают большой перелет под ветром, опускаясь наклонным движением к земле, с крыльями, наполовину свернутыми, а затем раскрывают их и принимают ими ветер при отраженном движении, и так поднимаются ввысь, а затем опускаются подобным же образом (C. A., 313 b).



Птица из *a* хочет опуститься в *b*, и когда она находится в *c*, она поворачивает грудь к ветру, бьет крыльями и подскакивает в *d*, а затем движется в *f* (C. A., 214об. a).

Движение птицы, подталкиваемой ветром. Движение птицы, подталкиваемой ветром, когда она поднимается без взмахов крыльями, опи-





сывает более длинную спиральную линию при падающем движении, нежели при движении отраженном; но при движении отраженном птица поднимается, а при падающем опускается (C. A., 97об. a).

Если птица, не бьющая крыльями, не хочет быстро спуститься вниз, она будет, после некоторого наклонного спуска, подниматься отраженным движением и кружить, поднимаясь, наподобие журав-

лей, когда они нарушают стройные линии своего полета и собираются в стаю, — тогда они описывают много петель, поднимаясь винтообразно, а затем, вернувшись к первоначальной линии, вновь

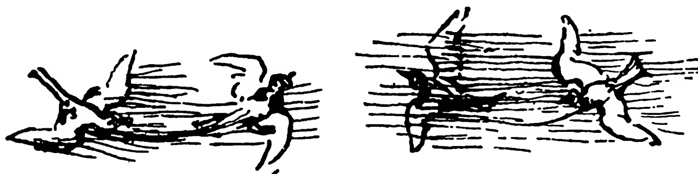


продолжают первое свое движение, опускающееся книзу по плавному наклону, и, вновь возвращаясь затем в стаю, поднимаются кружа (С. А., 220об. с).

Птица, которая без движения крыльев поднимается ввысь при содействии ветра, опускается на половину достигнутой высоты при движении на ветре, если она поворотит хвост к этому ветру. И тем больше, чем круг больше.

Когда птица совершает свое отраженное движение против ветра и на ветре, она поднимается значительно выше, чем способна по естественному своему импульсу, так как ей благоприятствует ветер, который, проникая под нее, выполняет роль клина. Но когда птица достигнет конца своего подъема, она импульс свой израсходует и останется у нее только поддержка ветра, который, ударяя ей в грудь, опрокинул бы ее, если бы она не опускала правого или левого крыла, что заставляет ее поворачиваться вправо или влево, опускаясь по полукругу (Е, 53).

О четырех отраженных и падающих движениях, совершаемых птицами при различных направлениях ветра. Всегда наклонный спуск птиц,



будучи совершаем навстречу ветру, будет происходить под ветром, а отраженное их движение — на ветре.

Однако, если подобное падающее движение совершается на восток в то время, как дует северный ветер, северо-восточное крыло остается под ветром и под ветром же будет при отраженном движении, почему в конце этого отражения птица окажется обращенной лицом к северо-востоку.

И если птица опускается к югу, когда господствует северный ветер, то подобный спуск она совершит на ветре, а отраженное ее движение произойдет под ветром; но здесь возникает долгий спор, о котором сказано будет в своем месте, ибо кажется здесь, будто отраженного движения она вообще не в состоянии совершить (V. U.,6).

Никогда птица на ветре, в конце отраженного движения, не будет держать крылья одинаково раскрытыми, ибо в этом случае ветер опрокинул бы ее; наоборот, она подбирает к себе то крыло, вокруг которого хочет совершить круговое движение, — соответственно нему она опускается и соответственно нему она кружит, когда хочет подняться или опуститься (С. А., 66 а).

Когда птица поднимается отраженным движением против ветра, она должна будет запрокинуться назад, грудью к ветру, в результате этого отраженного движения, и ветер ее перевернет, если она не сделает поворота вокруг более низкого крыла. А при подъеме посредством отраженного движения спиною к ветру птица запрокинется назад, со спиною под ветром (К, 13об.).

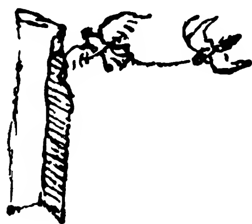
О том, как птица предохраняет себя, падая в перевернутом положении. Если птица опрокинулась в воздухе навзничь под воздействием ветра, хвост должен сократиться насколько возможно, а крылья вытянуться вперед головы. Тогда в части от середины кзади птица становится тяжелой, а от середины кпереди[15] — легкой, и центр тяжести не находится в середине ее объема по 9-му [положению], гласящему: «Центр объема, не совпадающий с центром тяжести, является причиной, почему тело, в котором эти центры находятся, никогда не останется в горизонтальном положении по своей максимальной ширине». А по 10-му [положению] этой [книги]: «Центр тяжести тел, висящих в воздухе, всегда будет ниже, чем центр объема тех же тел» (Е, 44).

Птица, которая видит, что ее отраженное движение склонно перенести ее выше, нежели в место, где она хочет сесть, опускает, расширяя, свой хвост и таким образом делает более отлогим свое отраженное движение.



Прямое движение птицы изгибается вверх или вниз, если она поднимет или опустит хвост (W,12657).

О расширении хвоста при отраженном движении птиц. Птицы расширяют хвост при своем отраженном движении, чтобы воздух уплотнялся снизу и сопротивлялся проникновению птицы ее наибольшей шириной, а импульс истощался бы только в плоскости крыла. Если бы этого не было, импульс, приобретенный при падающем движении, истощался бы частью в направлении к земле, а частью в отраженном движении. Следовательно, такое отраженное движение теряло бы высоту, равную тому пути, который совершается книзу при сжатом хвосте.



Птица приобретает тем больше легкости, чем больше она расширяется и чем больше простирает свои крылья и хвост.

То тяжелое тело оказывается более легким, которое больше простирается вширь. Из этого заключения вытекает, что тяжесть человека может, благодаря значительной ширине крыльев, держаться в воздухе.

То тело оказывается менее тяжелым, которое больше простирается вширь (E, 39).

Способы подъема птиц, происходящего по кругу, без взмахов крыльями, но при содействии ветра, бывают двоякого рода, а именно простые и сложные. Простые это те, которые птицы совершают посредством падающего движения на течении ветра и в конце поворачиваются навстречу притоку ветра, принимая снизу его удары,

и отраженное движение завершают против ветра. Сложное движение при подъеме птиц равным образом круговое, его падающее и отраженное движения происходят против притока ветра, по полукругу, и вместе с тем падающее и отраженное движения следуют также течению ветра.

Простое движение подъема без взмахов крыльями всегда бывает при сильных движениях ветров; и если это так, птица значительно перемещается при подобном подъеме вместе с течением ветра. Что касается сложного движения, оно будет иметь место при слабых ветрах, ибо опыт показывает, что при подобных сложных движениях птица поднимается в воздухе без значительного перемещения ее ветром в сторону, в которую он дует (С. А., 308 b).

Всегда подъем при отраженном движении совершается с крыльями и хвостом совершенно раскрытыми, а спуск падающего движения происходит с крыльями и хвостом в значительной мере сомкнутыми. Неуловимая вибрация крыльев, без взмахов ими, держит птицу в движущемся воздухе в равновесии и горизонтально.

Отраженное движение против течения ветра всегда будет больше, нежели соответствующее ему движение падающее; а отраженное движение, совершаемое в ту же сторону, что и течение ветра, будет увеличиваемо этим ветром и будет равно падающему (С. А., 308 b).

Большие пальцы крыльев пускаются в ход тогда, когда птица испытывает удары ветра сзади и расположена наклонно в воздухе, который ее поддерживает,— тогда ветер ударяет в поверхность этих пальцев и таким образом гонит птицу вверх, увеличивая своим движением отраженное движение птицы (К, 6).

Установи для каждого качества движения его противоположность. Когда птица гонима ветром, она всегда движется вниз по наклонной линии, и когда хочет подняться на прежнюю высоту, она поворачивается назад [лицом к ветру], делая для себя клин из импульса ветра (Е, 49об.).

Противник говорит, что если движение птицы в течении ветра будет наклонным, а сама она находится в горизонтальном положении,



Страница «Атлантического кодекса» (С. А., 308 b).

то такая птица будет испытывать удары ветра сбоку и снизу, а птица, испытывающая удары снизу, непрерывно поднимается ввысь.

Когда птица толкаема ветром, она движется, все время опускаясь в наклонном направлении, а когда она хочет подняться вновь на прежнюю свою высоту, она поворачивает назад с быстротой приобретенного импульса, который истощается [при движении] против ветра. Этот ветер становится для птицы клином и вновь поднимает ее на высоту, бо́льшую, нежели первоначальная. Оттуда птица затем спускается по уже указанному наклону, а после того вновь повторяет то, что мы уже сказали, и так, всегда приобретая новые ступени высоты, птица в конце концов поднимается до желанного места (G, 42).

Та птица поднимется ввысь, которая круговым движением, винтообразно, будет совершать отраженное движение против притока ветра и против его течения, всегда поворачиваясь на своем левом или правом боку. Например, если бы дул северный ветер, а ты на ветре мчался бы отраженным движением против него, и если бы при твоем прямом подъеме ветер был бы готов тебя опрокинуть, ты можешь повернуться правым или левым крылом и, опустив внутреннее крыло ниже, продолжать криволинейное движение, прибегая к помощи хвоста, искривленного в сторону более низкого крыла, все время спускаясь книзу и поворачиваясь вокруг низкого крыла, пока, наконец, ты вновь не отразишься на ветре, прямо по течению ветра. И когда ты готов будешь опрокинуться, то же самое низкое крыло сделает движение криволинейным и ты повернешься опять против ветра, оказавшись под ним, пока не приобретешь импульс. А затем поднимайся на ветре, в сторону, откуда он притекает, и посредством приобретенного ранее импульса ты совершишь отраженное движение большее, нежели движение падающее.

И если ты хочешь направиться к западу без взмахов крыльями, когда дует северный ветер, совершай падающее движение по прямой и под ветром к западу, а отраженное — к северу на ветре (V. U., 11).

Птицы при подъеме кругами при помощи ветра держат очень высоко свои крылья, чтобы клин ветра и импульса поднимал их.

При движении вниз птица опускает крылья по двум соображениям. Во-первых, чтобы меньшее количество воздуха держало ее, во-вторых, ветер, действуя на нее как клин сверху, толкает ее вниз и постоянно снижает ее (K, 58об.).

Птица, которая поднимается, всегда держит крылья на ветре, не взмахивая ими, и всегда движется круговым движением (V. U., 11).

Эта [птица] всегда поднимается кругами при содействии ветра. Это живое существо всегда испытывает удары ветра снизу по наклонной линии; и когда такой ветер ударяет его в лоб, оно выгибает свои крылья плечами к небу, а когда ветер бьет его в хвост, оно выгибает плечи к



земле. И так всегда эта птица забирает ветер спереди, сзади или сбоку от центра своей тяжести (B. M., 134).

Когда птица поднимается круговыми движениями, не взмахивая крыльями, она держит центр своей тяжести гораздо ниже, нежели концы крыльев, и с любого бока принимает ветер, наподобие клина, под себя, т. е. под хвост или под грудь, или под каждое из крыльев (C. A., 214 d).

Центр тяжести такой птицы становится осью вращения ее весов. Когда такая птица поднимается кругами при одном ветре, без



взмахов крыльями, она держит импульс ветра под этими крыльями и он поднимает ее, как если бы он был клином.

Когда ветер дует ей под левое крыло, он потом переходит на правое крыло, и такой ветер опрокинул бы птицу, не будь хвоста, который она сразу же изгибает так, что ветер проходит сверху, образуя противоположный клин, и ударяет внутрь, заставляя птицу поворачиваться.

Когда птица повернется настолько, что ветер станет ударять ее в клюв, тогда хвост действует только по одной прямой [с корпусом], но он изгибается вверх, дабы ветер ударял по нему сверху, а грудь получала удары снизу, вместе с крыльями. Но поскольку левое крыло испытывает больший удар, ибо птица держит его более согнутым, необходимо, чтобы такая птица повернула и обратила правое крыло против притока ветра.

Когда вершина левого[16] крыла входит в струю ветра, тогда, для того чтобы удары ветра происходили под углами, близкими к прямому, ничто другое не оказывается более пригодным и полезным, кроме как повернуть голову вместе с шеей навстречу притоку ветра.

Когда хвост входит в струю ветра, этот хвост испытывает удары снизу от движения ветра, голова получает удары сверху, а то и другое крыло — удары снизу; однако более обращается и более поддается ударам ветра правое крыло при своем изгибании, нежели крыло левое, а потому птица более движется правым крылом, нежели левым, в результате чего делает криволинейным свое движение и постоянно поднимается, будучи толкаема ветром снизу (С. А., 214об. а).

Когда коршун поднимается или опускается без взмахов крыльями, он держит крылья наклонно и наклонно держит хвост в ту же самую сторону, но не с тем же наклоном, иначе птица упала бы на землю по линии наклона крыльев и хвоста. Но, поскольку хвост находится по ту сторону центра длины птицы, он встречает несколько большее сопротивление, нежели крылья, а потому замедляет движение. И коль скоро хвост обладает меньшим движением, чем крылья, необходимость заставляет птицу двигаться круговым движе-

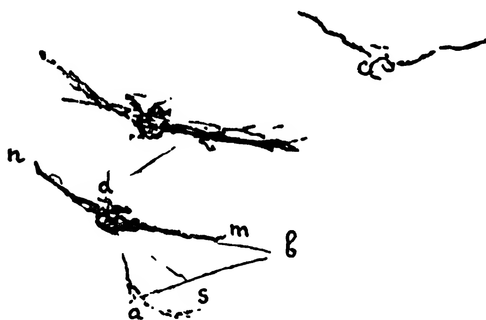
нием. И чем менее отлого поставлен хвост, тем меньший диаметр имеют круги, и наоборот (К, 60—60об.).

О круговом движении, совершаемом коршуном при подъеме. Круговое движение, совершаемое птицами при их подъеме на ветре, происходит оттого, что одним крылом она входит на ветер, а другим держится прямо в ветре и, кроме того, опускает один из концов хвоста к центру своего кругового движения, и потому ветер, ударяющий внутрь, замедляет движение стороны, расположенной ниже и ближе к центру этого круга. В этом — причина кругового движения, и крыло, которое держится на ветре, поднимает птицу на самую большую высоту ветра (Е, 38).

Когда птица хочет совершить с простертыми крыльями круговое движение, которое поднимает ее ввысь при содействии ветра, тогда она опускает одно из крыльев и один из концов хвоста в сторону центра своего кружения. И когда движение птицы бывает круговым с целью подъема ввысь без взмахов крыльями, эта птица в первой четверти своего оборота принимает снизу ветер одним из крыльев и таким образом ветер становится для нее клином, поднимая ее ввысь. И он перевернул бы ее, если бы другое крыло не опиралось, т. е. не держалось на воздухе, который, возвращаясь, ударяет под это крыло, — и это тот воздух, который испытывал удары и уплотнился под первым крылом (Е, 52об.).

О винтообразном подъеме птицы в воздухе

Птица поднимается винтообразно в воздухе, непрерывно опускаясь, наподобие воды, перемещаемой вверх посредством полого винта; такая вода непрерывно опускается, поднимаясь. Птица *ndm* поднимается вверх при поддержке ветра круговым движением, которое, можно сказать, поднимается винтом; и происходит оно благодаря падению по двум линиям: одна из них направлена к центру вращения по линии *db*, а другая — по линии соответствующего круга, по которому движется птица, т. е. по *da*. Следовательно,



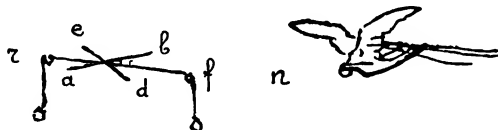
птица не будет падать целиком ни по линии *db*, ни по линии *da*, а по средней линии *ds*, причастной обеим крайностям; и тем ближе к *a*, нежели к *b*, чем быстрее движение *da* в сравнении с движением *db* (С. А., 77 b).

Та птица поднимается быстрее, чьи круги подъема будут иметь меньшую величину. Сказанное происходит оттого, что птица, поднимающаяся без взмахов крыльями при содействии ветра, получает снизу ветер наподобие клина, а клин, имеющий более широкий угол, имеет тем более крутую сторону, почему он более поднимает предмет, на нем находящийся (С. А., 220 а).

Птица, которая поднимается круговым движением, занимает наклонное положение шириною своих крыльев, и круг ее кругового движения будет тем больше, чем более отлого положение крыльев; и он тем меньше, чем менее отлого их положение (С. А., 97об. а).

Круги, совершаемые при полете птиц, никогда не будут находиться на диаметре того круга, на центр которого указывают концы их крыльев (В. М., 126об.).

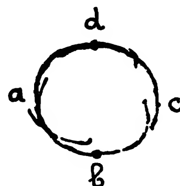
Посмотри завтра утром, находится ли птица *n*, кружащая против ветра, на линии *ab*, держа голову в *b*, или же она находится на линии *ed* (С. А., 220 а).



Когда птица поднимается при содействии ветра, без взмахов крыльями, она совершает круговое движение, и когда обращает хвост в сторону ветра, ее гонят две силы; одна из них — сила ветра, ударяющего в нижнюю вогнутую часть крыльев, другая — тяжесть

птицы, опускающейся по сложному наклону. Благодаря такой приобретенной скорости получается, что когда птица поворачивает грудь навстречу ветру, он действует под ней наподобие клина, поднимающего тяжесть, и так птица совершает свое отраженное движение на высоту, довольно значительную по сравнению с началом ее падающего движения. И это есть истинная причина, почему птицы поднимаются на значительную высоту без взмахов крыльями (E, 41об.).

Я делаю вывод, что подъем птиц без взмахов крыльями происходит благодаря не чему иному, как их круговому движению в движении ветра. Когда птица удаляется от притока ветра [*ac*], то при опускании она доходит до места [*c*], где возникает отраженное движение. Кружа таким образом и описав полукруг [*abc*], птица затем оказывается повернутой лицом к ветру и продолжает свое отраженное движение на ветре, всегда кружа, пока при помощи ветра не достигнет высшей точки, [проходя путь] между точкой своего низшего положения [*c*] и точкой, откуда дует ветер [*a*]; здесь птица обращена левым крылом к ветру и с этой высшей высоты, снова кружа, вновь спускается при новом падающем движении, обращенная правым крылом к ветру. Так, если ветер дует из *a* в *c*, а птица движется из *a*, опускаясь по *abc*, то в *c* она приобретает отраженное движение по *cda* и, благодаря содействию ветра, оказывается в конце отраженного движения гораздо выше, чем в начале падающего. Конец этого отраженного движения находится по отвесу над вышеуказанным началом падающего движения (V. U., 14).



Если полет птицы направлен к югу, без взмахов крыльями, при восточном ветре, птица совершит падающее прямолинейное движение с крыльями несколько сокращенными и под ветром. Но отраженное движение, следующее за этим падающим, будет происходить при развернутых крыльях и хвосте и окажется направленным к востоку; в конце его птица повернется опять лицом к югу и с

сокращенными крыльями опять приобретет новое падающее движение Это движение будет иметь ту же природу, что и первое, если птица хочет при помощи такого ветра совершить длинный путь. И всегда сочетание падающего движения с отраженным будет осуществляться примерно под прямым углом, точно так же как и сочетание отраженного с падающим (E, 41об.).

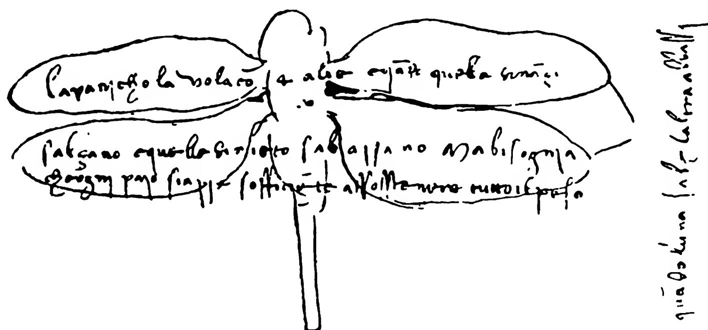
И если птица будет падать головой вниз[17], с наклоном тела, обращенным к земле, то нижние поверхности крыльев должны встать параллельно к земной поверхности, хвост подняться к пояснице, а голова или нижняя сторона челюсти повернуться к земле. Тогда у такой птицы немедленно родится ее отраженное движение, которое отбросит ее к небу. В результате этого птице в конце такого отражения пришлось бы падать назад, если при своем подъеме она не опустит несколько одно из крыльев; это заставит ее двигаться по кривой и описывать половину окружности. В конце подобного движения такая птица окажется тогда с клювом, обращенным к месту, откуда это отражение произошло. Если это отражение будет совершаться против течения ветра, то в конце отраженного движения птица окажется значительно выше, нежели в начале движения падающего. И вот способ, посредством которого птица поднимается ввысь без взмахов крыльями, кружа.

Остаток указанной окружности описывается в направлении ветра посредством падающего движения, всегда с одним крылом ниже другого, а также с одним концом хвоста, опущенным книзу. А отраженное движение птица совершает навстречу бегу ветра и в конце концов остается с клювом, обращенным к бегу этого ветра, а затем снова повторяет и падающее и отраженное движение против ветра, всегда кружа (V. U., 12об. — 12).

О летании насекомых, летучих мышей и других животных

Стрекоза летает на четырех крыльях, и когда передние поднимаются, задние опускаются. Однако нужно, чтобы та и другая пара в отдельности была способна поддерживать всю тяжесть.

Когда одна пара поднимается, другая опускается...

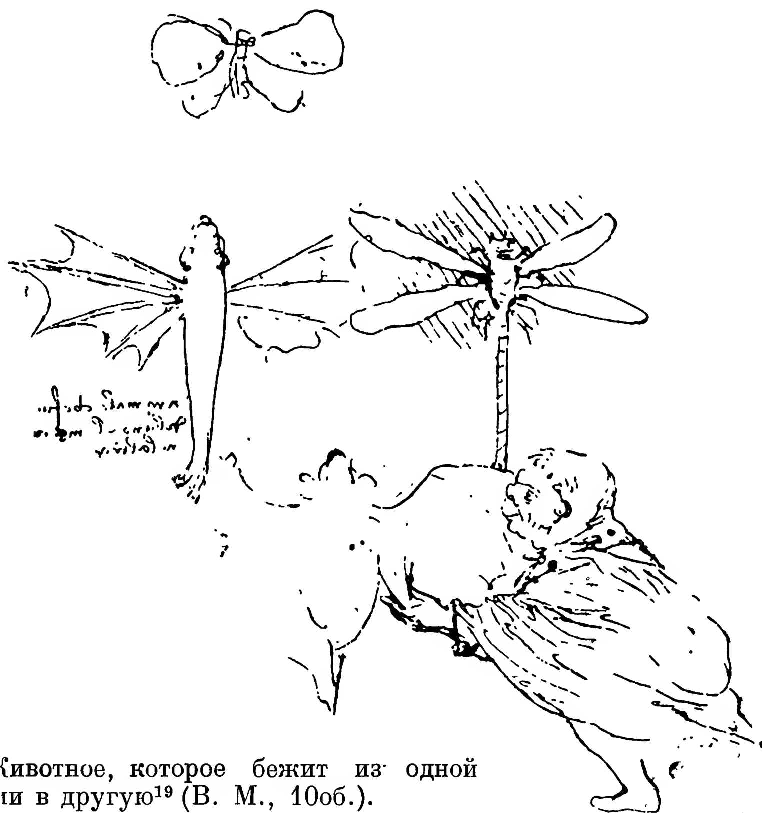


Чтобы увидать летание четырьмя крыльями, пойди во рвы Миланской крепости и увидишь черных стрекоз (С. А., 337об. b).

Бабочка и многие другие насекомые все летают на четырех крыльях, причем задние крылья меньше передних и передние частично прикрывают задние. Все подобные существа могут подниматься вверх вертикальным движением, ибо, когда такие крылья поднимаются, они пропускают воздух, поскольку передние крылья поднимаются гораздо выше, чем задние, и так продолжается почти до полного исчерпания импульса, гонящего насекомое ввысь. Затем, при опускании, более крупные крылья смыкаются с менее крупными и так, опускаясь, насекомые приобретают новый импульс. Существует и другой вид крылатых насекомых: они летают на четырех крыльях, но эти крылья не прикрывают друг друга ни при опускании, ни при подъеме, и такие насекомые не могут подниматься вверх вертикальным движением (G, 65).

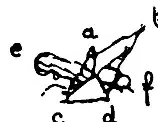
Летание четвертого вида бабочек, которые пожирают крылатых муравьев[18]. Эти бабочки летают с четырьмя крыльями ровными и раздельными, всегда подняв хвост, который они делают рулем при любом разнообразном движении. Когда бабочка хочет опуститься, она опускает хвост, а когда она хочет подняться, то поднимает его вверх; когда она хочет повернуться справа налево [или слева направо], она поворачивает хвост вправо или влево, и так

поступает при сколь угодно разнообразных направлениях движений, промежуточных между четырьмя указанными главными. И такова наиболее крупная бабочка указанного вида, черного и желтого цвета. Она пользуется своими четырьмя крыльями при коротких и головокружительных полетах, нападая на маленьких крылатых муравьев, причем иногда она перемещает правую сторону вперед и левую сторону назад, а иногда левую вперед и правую назад, так как руль, образуемый хвостом, оказывается недостаточным для придания большей или меньшей скорости ее движению (G, 64об.).



Животное, которое бежит из одной стихии в другую[19] (В. М., 10об.).

Муха, держась в воздухе на своих крыльях, ударяет этими крыльями с большой скоростью и шумом, выводя их из горизонтального положения и поднимая их вверх на длину этого крыла; и, поднимая, ставит крыло вперед, под наклоном так, что оно ударяется о воздух почти ребром; а при опускании крыла ударяет воздух плашмя; и она переместилась бы немного вверх, если бы тяжесть не тянула животное в противоположную сторону, по своему наклону; так, если наклон мухи, неподвижной в воздухе, будет по линии *ef* и наклон движения крыльев между верхним и нижним положением по линиям *ab*, *cd*, пересекающимся с линией спуска *ef* под прямыми углами, то при таком движении сила спуска по наклону *ef* равна силе подъема по наклону движения крыльев, по наклону *dbca*. Задние лапки служат ей рулем, и, когда она хочет улететь, опускает крылья, сколько может (G, 92).



Если бы мухи производили своим ртом звук, слышимый при их полете, то поскольку звук этот долгий и непрерывный, потребовался бы для легкого большой мех, способный выгонять наружу такую большую и длинную струю ветра, а затем должно было бы наступать долгое молчание,—при втягивании внутрь такого же количества воздуха. Следовательно, там, где имеется длительное непрерывное звучание, там должен был бы наступать и долгий перерыв (B. M., 257об.).

Что у мухи звук в крыльях, ты убедишься, слегка их подрезав или по меньшей мере слегка намазав медом так, чтобы она не вполне лишилась возможности летать. Ты увидишь, что звук, производимый движением крыльев, будет глухим и тем более изменится из высокого в низкий, чем бо́льшая будет помеха у крыльев (W. An. A, 15об.).

Полет летучих мышей требует по необходимости перепончатых крыльев, со сплошными перепонками, ибо ночные животные

обладают, чтобы спасаться от преследований, движениями очень запутанными, состоящими из разнообразных изворотов и гибких извивов, а потому летучей мыши нужно хватать добычу иногда переворачиваясь, иногда по наклону и другими разнообразными способами, что она не могла бы сделать, не разбившись, на крыльях со сквозными перьями (G, 63об.).



a и *b* — рули на крыльях летучей мыши (F 48об.).

Анатомируй летучую мышь, и этого держись и на основании этого построй [летательный] прибор (F, 41об.).

О летательных аппаратах

Птица — действующий по математическому закону инструмент, сделать который в человеческой власти со всеми его движениями, но не со столькими же возможностями; но имеет она преимущество только в отношении возможности поддерживать равновесие. Поэтому мы скажем, что построенному человеком инструменту нехватает лишь души птицы, которая в данном случае должна быть заменена душою человека.

Душа в членах птицы будет без сомнения лучше отвечать их запросам, чем это может сделать обособленная от них душа человека, в особенности при движениях почти неуловимого балансирования. Но поскольку мы видим, что птица способна обеспечить большое разнообразие ощутимых движений, мы вправе на основании этого наблюдения решить, что наиболее явные смогут быть доступны и познанию человека и что он сможет в значительной мере предотвратить разрушение того инструмента, душой и вожатым которого он себя сделал (С. А., 161 а; 1505 г.).

Наука инструментальная или механическая — благороднейшая и по сравнению с прочими всеми наиполезнейшая, поскольку при ее посредстве все одушевленные тела, обладающие движением,

совершают все свои действия. Эти движения рождаются из центра тяжести, помещающегося, за исключением неоднородных тяжелых тел, в середине; и движение это имеет бедность или богатство мышц, а также рычаг и противорычаг (V. Ŭ., 3).

Равные силы ударов, производимых при неодинаковой длине движения в разное время, приведут ли к равенству путей, проходимых движущимися телами или нет? Ответ вытекает из 7-го [положения] 9-й [книги], гласящего: «Из двигателей одинаковой силы, сообщающих одинаковое движение движимым ими телам, тот, который быстрее отделит от себя движимое им тело, удалит его на более далекое расстояние». Здесь противник возражает, что двигатели одинаковой силы не могут [разно] влиять на скорость, а следовательно, при одинаковом движении не удалят от себя одинаковые тела на разные расстояния. Ответ гласит: существует два рода двигателей: одни из них обладают ощущением, другие — нет. Обладающие ощущением имеют жизнь, вторые ее лишены. И тот двигатель, который имеет жизнь, движет движимое им посредством растяжения и сокращения мускулов, входящих в состав его органов, а такое растяжение и сокращение производится с большей или меньшей скоростью при одной и той же силе. Это и является причиной, почему более быстрое движение не связано с большей силой. И здесь нельзя найти никакой другой разницы, кроме той, что бо́льшая или меньшая разница в большей или меньшей степени уплотняет воздух, в котором движется плечо двигателя. Что касается двигателей, не обладающих ощущением, каковы катапульты (ebricotole) и балисты (mangani) и тому подобные машины, то они гонят от себя тела̀ посредством силы стягиваемых веревок или сгибаемых деревянных частей (E, 52).

Ты скажешь, что сухожилия и мускулы птицы несравненно большей силы, чем сухожилия и мускулы человека, ссылаясь на то, что все мясо стольких мускулов и мякоть груди созданы, чтобы

служить на пользу крыльев и увеличивать их движения, что цельная кость в груди сообщает величайшую силу птице, а крылья целиком сотканы из толстых сухожилий и других крепчайших связок, хрящей и крепчайшей кожи с разными мускулами. Ответ на это гласит, что такая сила должна давать возможность не только поддерживать крылья, но удваивать и утраивать движение по произволу, убегая от своего преследователя или преследуя свою добычу. Ведь в таких случаях птице приходится удваивать и утраивать свою силу и, кроме того, нести в своих лапах по воздуху груз, равный ее собственному весу. Это видно на примере сокола, несущего утку, и орла, несущего зайца. Он прекрасно показывает, для чего такой избыток силы нужен. Но, чтобы держаться самому и балансировать на своих крыльях, подставлять их течению ветров и поворачивать руль соответственно их пути, птице нужна небольшая сила,— достаточно малого движения крыльев, и движения тем более медленного, чем птица больше.

У человека тоже запас силы в ногах больший, чем нужно по его весу. И чтобы убедиться в этом, поставь человека на ноги на берег, а потом замечай, на сколько отпечаток его ног уходит вглубь. Затем поставь ему другого человека на спину, и увидишь, на сколько глубже уйдет он. Затем сними человека со спины и заставь подпрыгнуть вверх насколько можно, ты найдешь, что отпечаток его ног более углубился при прыжке, нежели с человеком на спине. Следовательно, здесь в два приема доказано, что у человека силы вдвое больше, чем требуется для поддержания его самого (V. U., 16).

О тяжести. Если ты своим телом будешь находиться на весах в строгом равновесии с противоположным противовесом и стремительно взмахнешь руки вверх, держа в них два груза, я сомневаюсь, станет ли твой вес легче или тяжелее. Легче, сказал я, поскольку движение конечности хотело бы продолжать начатый импульс, а потому разрушает тяжесть и, казалось бы, делает человека более легким. Но вместе с тем можно сказать, что воздух, о который ударяются руки, при своем сопротивлении производит тяжесть, подобно

тому как производит ее прыгун, углубляющий землю при начале своего прыжка (Forst. II, 44об.—45).

Если два человека находятся на противоположных концах толстой доски, находящейся в равновесии вместе с равными тяжестями этих людей, и если один из них хочет совершить прыжок вверх, то такой прыжок будет совершен книзу на его конце доски и человек никогда не поднимется вверх, а останется в своем положении до тех пор, пока человек на противоположном конце не подтолкнет доску под его ногами (Leic., 8).

Произведешь анатомирование крыльев птицы, вместе с мускулами груди, движущими эти крылья.

И равным образом произведешь анатомирование человека, чтобы показать имеющуюся у него возможность держаться по желанию в воздухе при помощи взмахов крыльями (С. А., 45 а; 1503—1505 гг.).

Простая сила человека никогда не приведет в движение крыло ворона с той быстротой, с какой ее приводил ворон, когда это крыло ему принадлежало. И это явствует на опыте из шума крыльев, ибо у человека крыло никогда не произведет такого громкого шума, какой оно производило, будучи прикреплено к птице (С. А., 77 b; 1503 г.).

О том, что не вся величина крыла используется при давлении на воздух. Что это так, ты видишь из того, что промежутки между главными перьями гораздо шире, нежели самая ширина перьев. Следовательно, не клади ты, изобретатель летательных снарядов, в основу своих вычислений всей величины крыла, и замечай разнообразие крыльев у всех летающих существ (V. U., 8об.).

Помни, что твоя птица должна подражать не иному чему, как летучей мыши, на том основании, что ее перепонки образуют арматуру или, вернее, связь между арматурами, т. е. главными частями крыльев. И если бы ты подражал крыльям пернатых, то знай,

что у них более мощные кости и сухожилия, поскольку крылья их сквозные, т. е. перья их друг с другом не соединены и сквозь них проходит воздух. А летучей мыши помогает перепонка, которая соединяет целое и которая не сквозная (V. U., 15).

Гриф (anigrotto) простирает крылья на 5 локтей и весит 25 фунтов; следовательно, число, выражающее ширину простирания, есть корень квадратный из веса. Человек весит 400; корень квадратный равен 20; следовательно, на 20 локтей простираются указанные крылья.

Ширина крыльев грифа составляет $^{3}/_{4}$ локтя. Поэтому обрати в четверти 5 локтей, на которые он простирает крыло. Это составит $^{20}/_{4}$ для длины и $^{3}/_{4}$ для ширины, и ты скажешь, что ширина равна $^{3}/_{20}$ длины. Следовательно, если человек простирает крылья на 20 локтей, ты скажешь, что 3 локтя также составят $^{3}/_{20}$ от этой длины в 20 локтей, т. е. такова будет ширина в наиболее широком месте (C. A., 302 b; 1486—1490 гг.).

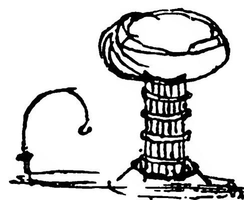
Если гриф простирает крылья на 5 локтей и они имеют в ширину $^{3}/_{4}$ локтя, ты скажешь, что 5 локтей равны $^{20}/_{4}$ локтя, а ширина равна $^{3}/_{4}$, следовательно, ширина составляет $^{3}/_{20}$ длины. Теперь возьми с запасом [для человека] 30 локтей и раздели их на 20. В 30-ти 20 содержится $1^{1}/_{2}$ раза, следовательно, ты скажешь, что на каждую $^{1}/_{20}$ приходится $1^{1}/_{2}$; возьми $^{3}/_{20}$ от 30 и получишь $4^{1}/_{2}$ для ширины крыла [человека]. И 12 локтей для длины [каждого крыла][20]: птица имеет в толщину 6 локтей, т. е. на ширину груди приходится 4, а на весла, или неподвижную часть, приходится 2 (C. A., 307об. a; 1486—1490 гг.).

Я говорю, что если летучая мышь весит 2 унции и простирает крыло на $^{1}/_{2}$ локтя, то орел, соразмерно с этим, должен был бы простирать крыло на 60 локтей, не меньше. Между тем мы видим на опыте, что орел не превосходит ширину 3 локтей. И многим, не видевшим никогда этих животных, показалось бы, что одно из них не может летать; они сочли бы, что если у летучей мыши ее вес хорошо спро-

порционирован с шириной ее крыльев, то у орла эта ширина недостаточна; а если орел хорошо держится на своих крыльях, то летучая мышь имеет слишком большие крылья, несоразмерные и бесполезные для нее. Мы видим, однако, что и летучая мышь и орел держатся на своих крыльях с величайшей ловкостью, а в особенности летучая мышь, которая своими быстрыми поворотами и изворотами может одолеть стремительные налеты и ускользнуть от мошек, мух и тому подобных мелких животных.

Причина, почему летучая мышь держится на маленьких крыльях так же, как орел на больших, есть пропорциональность (comparazione). Если одна тростинка будет иметь такое же соотношение между своей толщиной и длиной, как и связка таких тростинок, то относительно она будет такой же крепкой и стойкой, как эта связка. Ведь если эта связка имеет 9 единиц длины, выдерживает 9 унций и составлена из 9 соединенных вместе тростинок, то одна из подобных тростинок в 9 единиц длины будет выдерживать одну унцию.

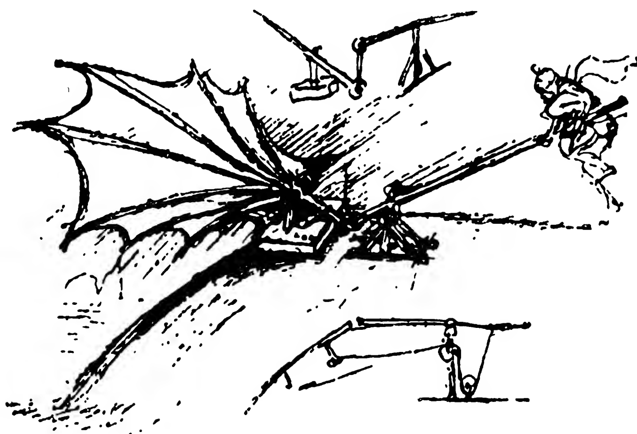
Пусть на вершине тростника укреплен груз в один динар; ты увидишь, что тростник согнется до земли. Возьми тысячу этих тростинок, туго свяжи их вместе, укрепи их внизу, сравняй их сверху и нагрузи, и ты увидишь, что если по первому соображению они должны были бы выдерживать около $3^1/_2$ фунтов, то на самом деле выдержат больше 40.



Таким образом, по указанной причине, в случае, когда о воздух, который держит летучую мышь, весящую $^1/_{120}$[21] веса орла, когда об этот воздух ударяют и давят на него взмахи крыльев орла, последнему надлежало бы быть в 6 раз[22] больше, чем летучая мышь (B, 89об.).

Если хочешь увидеть настоящую пробу крыльев, сделай их из бумаги, армируй сеткой, а главный костяк сделай из тростника. Одно крыло должно иметь в ширину и в длину по меньшей мере

20 локтей и должно быть укреплено на подставке весом в 200 фунтов. И сделай, как показано, быстрое усилие. Если подставка в 200 фунтов поднимется раньше, чем крыло опустится, тогда испытание удачное. Но позаботься, чтобы сила действовала быстро. Если же указанный эффект не получается, не трать на это больше времени.



Если это крыло по своей природе должно было бы падать в 4 единицы времени, а ты, благодаря своему прибору, заставляешь его падать в 2, то нужно, чтобы подставка в 200 фунтов поднималась вверх.

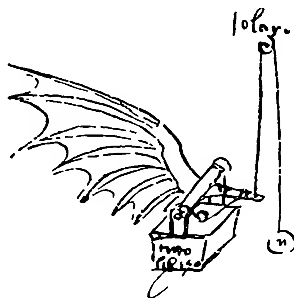
Знай, что если, находясь на дне глубоких вод, ты разведешь руки и дашь им падать естественным их падением, то руки окажутся опущенными к бедрам и человек останется в прежнем положении. Но если те руки, которые должны были падать в 4 единицы времени, ты опустишь в 2, знай, что такой человек выйдет из своего положения и, взлетая стремительно, примет новое положение на поверхности воды.

И знай, что если вышеуказанная подставка весит 200 фунтов, то человек, держащий в руке рычаг, берет из них 100, а другие 100 передаются воздуху через поверхность крыла (B, 88об.).

И если хочешь определить вес, который это крыло способно выдержать, встань на одну чашку весов, а на другую положи груз, равный твоему весу, так, чтобы обе чашки держались в воздухе на одинаковом уровне. Затем прифалеги на рычаг крыла и обрежь веревку, которая держит это крыло поднятым, ты увидишь, что оно сразу же упадет. И если само по себе оно падало в 2 единицы времени, заставь его падать в одну, налегая руками на его рычаг. На противоположную чашку весов добавь столько груза, чтобы уравновесить действующую силу. Столько тяжести, сколько находится на этой чашке, столько выдержит крыло при полете; и тем больше, чем сильнее оно давит на воздух [см. нижний левый рис. на стр. 614] (С. А., 381об. а; 1483—1486 гг.).

Если человек весит 200 фунтов и находится в *n*, поднимая крыло с его подставкой (zoccolo), весящей 150 фунтов, то, когда затем он будет находиться на приборе, с силою в 300 фунтов он окажется способным подняться на двух крыльях[23] (С. А., 307 b; 1486—1490 гг.).

Запри на засов верхнюю залу [в Корте Веккио в Милане] и сделай модель большую и высокую, и у тебя будет место на верхней крыше. Это самое подходящее место в Италии во всех отношениях. И если ты стоишь на крыше, сбоку от башни [св. Готтарда], люди, находящиеся в башенном шатре, тебя не видят (С. А., 361об. b; 1486—1499 гг.).



При повороте нужно иметь возможность держать *a* и *b* одной рукой [см. верхний рис. на стр. 604] (С. А., 276 b; 1483—1486 гг.).

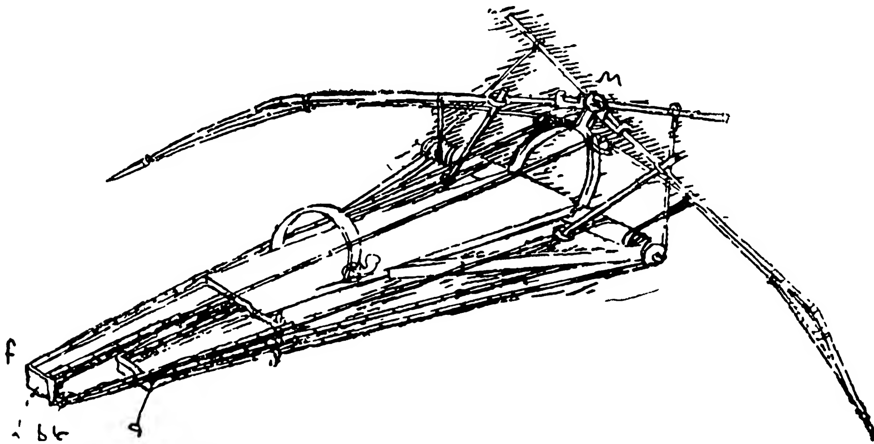
[Веревка] *abc* делает так, что при подъеме [крыла] часть *mn* быстро поднимается кверху.

[Веревка] *def* делает так, что при опускании [крыла] часть *mn* с быстротой опускается книзу и крыло выполняет свою функцию [сгибаясь].

[Веревка] *rt* опускает крыло посредством ступни [вдетой в стремя], т. е. посредством раздвигания ног, *vs* поднимает крыло посредством [поднимания] рук и оно же вращает его (В, 73 об.).

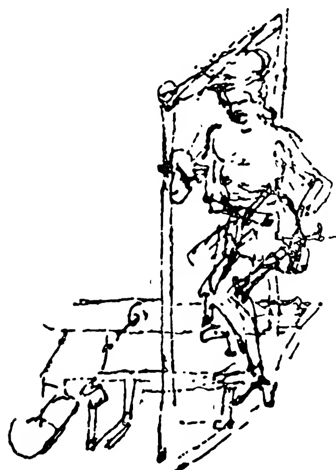
a — сгибает крыло, *b* — поворачивает его рычагом, *c* — опускает его, *d* — поднимает снизу вверх. И управляющий этим снарядом человек держит ноги свои в *f* и *d*. Нога *f* опускает крылья, а нога *d* поднимает их. Ось *M* должна располагаться под углом к вертикали, дабы крылья при своем опускании вместе с тем двигались и к ногам человека, ибо это то, что движет птицу вперед.

Этот прибор ты испытаешь над озером и наденешь в виде пояса длинный мех, чтобы при падении не утонуть. Надобно также, чтобы опускание крыльев производилось силою обеих ног одновременно, дабы ты мог задерживаться и балансировать, опуская одно крыло быстрее другого, смотря по надобности, так, как ты видишь это



делают коршуны и другие птицы. И притом опускание посредством двух ног всегда бывает более мощным, чем посредством одной; правда, что движение в этом случае медленнее. А поднимание крыльев должно совершаться силою пружины или, если хочешь, рукою, а еще лучше поднятием ноги, это — лучше, потому что руки у тебя тогда свободнее (B, 74об.).

Я говорю так: если человек, здесь изображенный, будет находиться на рычагах, имеющих форму педалей, и вокруг пояса будет иметь веревку, подпирая своей головой [горизонтальный] брус, причем рычаг, на котором этот человек стоит, находится к противорычагу в отношении 2 : 1, знай, что в таком случае легко получится 1250 фунтов силы при движении, равном $^1/_2$ локтя. В самом деле: человек весит 200 фунтов; вброт для веревки пояса имеет толщину в $^1/_8$ [рычага], а рычаг — $^1/_2$ локтя, что дает $^9/_8 : {}^1/_8$; если сила,



производимая руками, равна 25 фунтам, это составит 9 × 25=225 фунтов. Подпирание головой дает силу в 200 фунтов. Все вместе взятые тяжести дают 625 фунтов. Рычаг, на котором человек держит ноги, имеет отношение плеч 2 : 1; таким образом, если человек будет стоять на его конце, то при вышеуказанных условиях он произведет силу в 1250 фунтов и она будет действовать быстро.

Сила, о которой говорится выше. Сделай так, чтобы, когда одна веревка ворота наматывается, другая разматывается (В, 88).

Этот человек [см. рис. на стр. 607] создает своей головой силу в 200 фунтов и руками силу в 200 фунтов. И столько же весит человек. Движение крыльев будет крест-на-крест, на манер конской рыси.

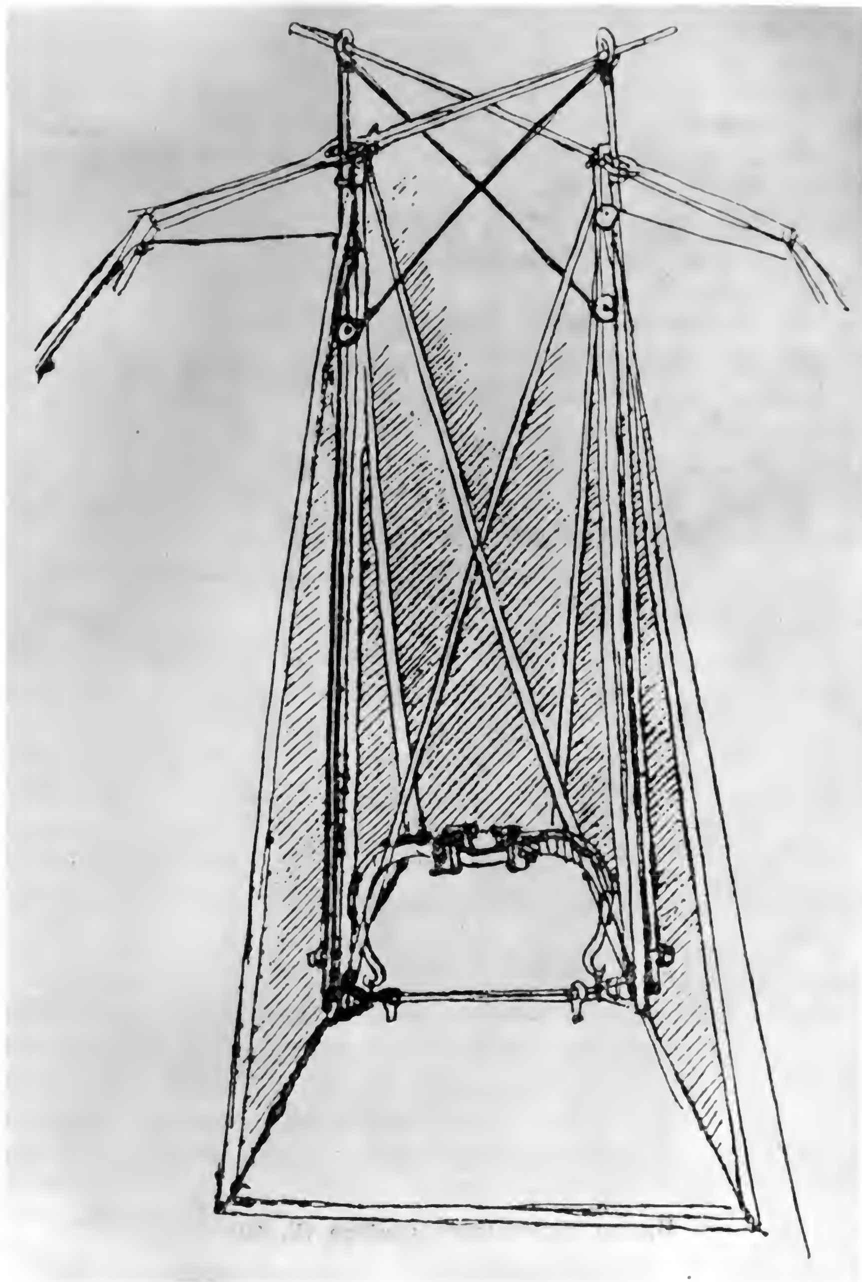
Поэтому я утверждаю, что это — лучше всего прочего.

Веревка второго сустава проходит ко второй педали (calcolà).

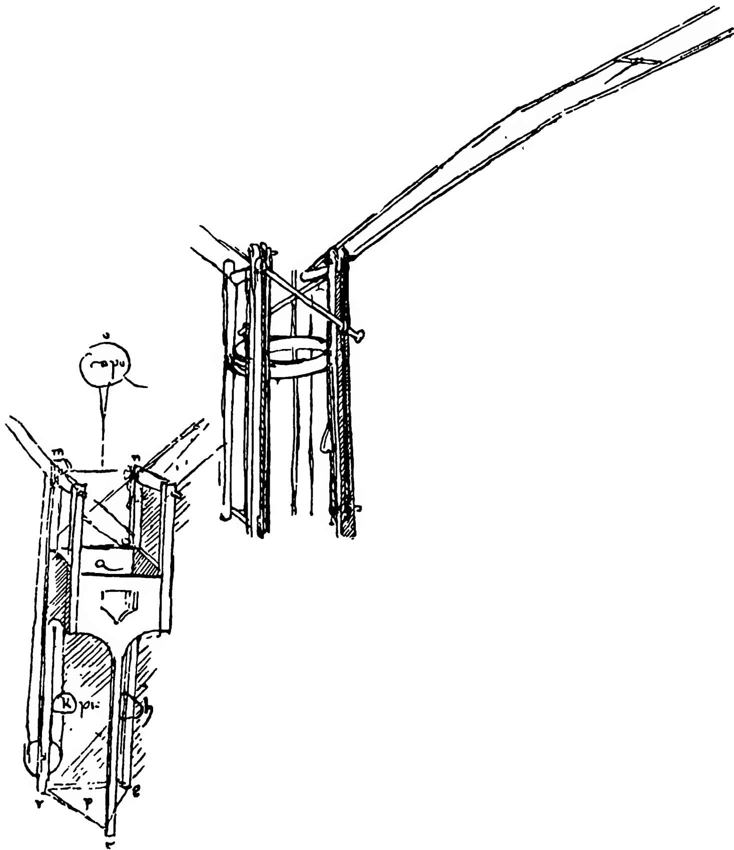
Лестница, по которой поднимаются и спускаются, должна иметь в высоту 12 локтей. Крылья раскрываются на 40 локтей, а их подъем должен быть на 8 локтей. Корпус от носа до кормы 25 локтей, высота 5. И вся наружная арматура должна быть из тростника и полотна (В, 80).

Я решил, что стоять на ногах лучше, чем лежать плашмя, ибо прибор никогда не может перевернуться вверх ногами, а вместе с тем этого требует привычка, создавшаяся в результате длительного упражнения. Подъем и опускание при движении [крыльев] будут производиться опусканием и подниманием обеих ног, это дает бóльшую силу, а руки остаются свободными. Если же тебе пришлось бы лежать плашмя, то ноги, в берцовых суставах, сильно уставали бы, держась в таком положении.

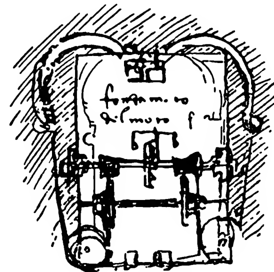
Проект летательного прибора (B, 80)



Проект летательного прибора (C. A., 314 b.)



Ноги [человека] делают первый толчок при спуске; при подъеме [прибора] они приходят в соприкосновение с ногами *rst* [прибора], которые, будучи подняты, держат прибор, а ноги [человека], передвигаясь вверх и вниз, поднимают эти ноги [прибора] с земли. *Q* прикрепляется к поясу, ноги находятся в стременах *k* и *h*; *m* и *n* проходят подмышками, за лопатки; *o* — ме-

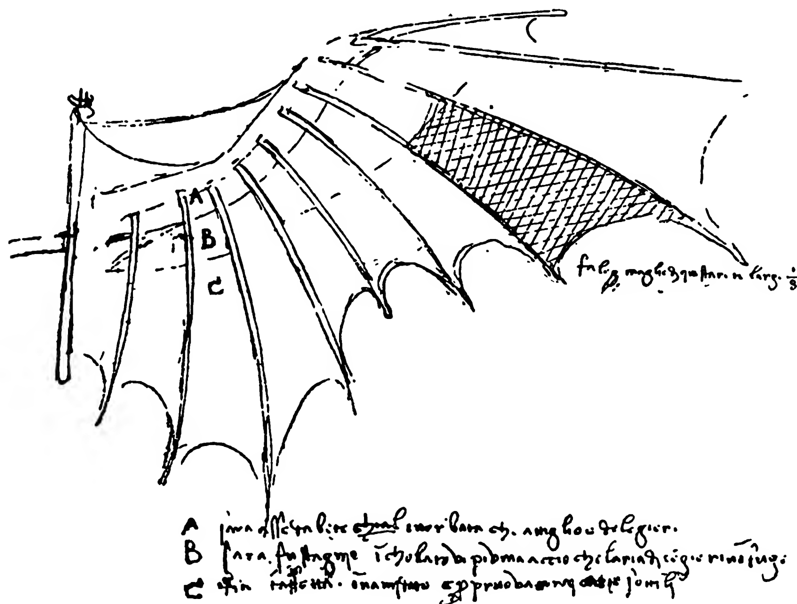


C. A., 314b

сто головы. Крыло должно подниматься и опускаться, вращаясь и сгибая себя ⟨...⟩ само (C. A., 276об. b; 1496—1499 гг.).

Сделай петли этой сети шириной в $^1/_8$.

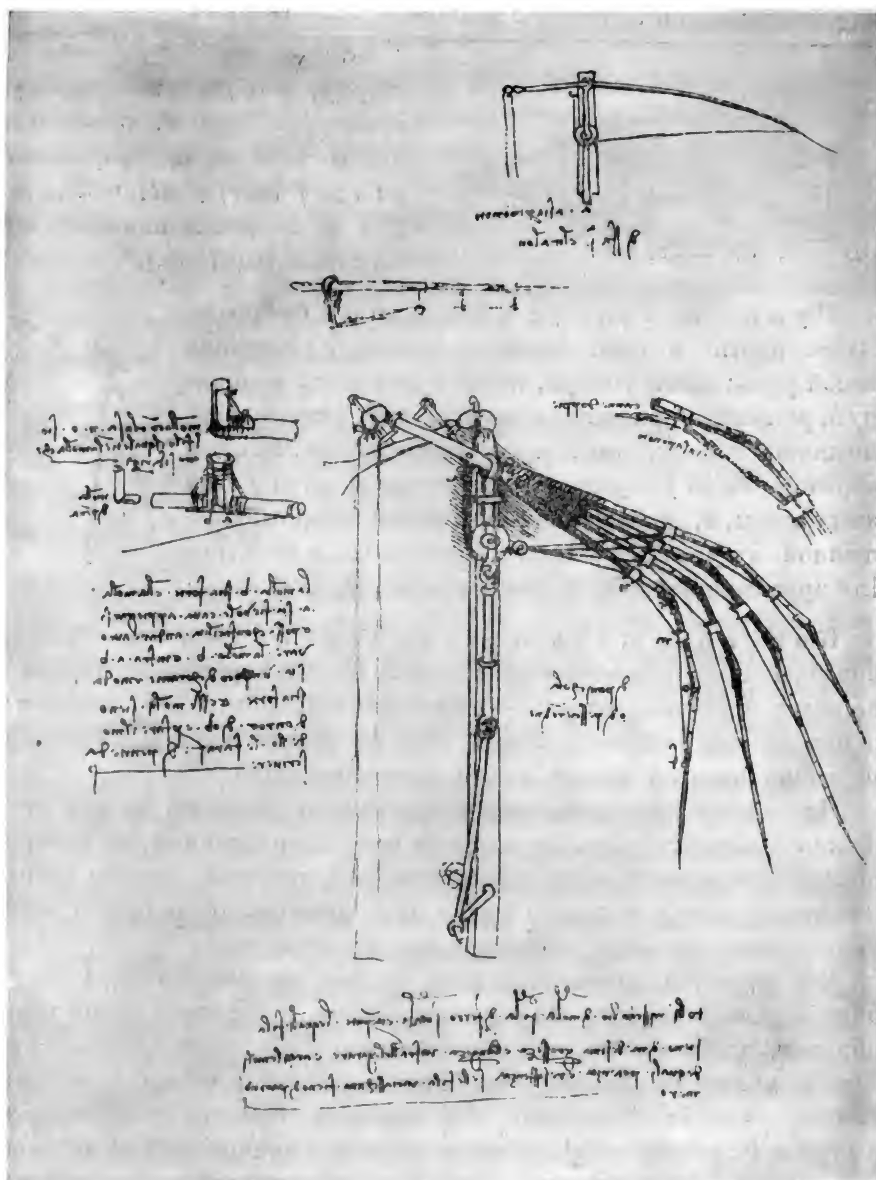
A — сосновый брус, образующий часть арматуры (asse innerbata), стойкий и вместе с тем легкий.



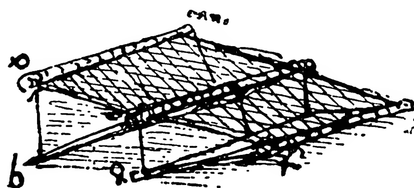
B — бумазея, с наклеенным здесь пухом, чтобы воздуху не легко было проходить.

C — тафта, прокрахмаленная; а для испытания возьмешь листы тонкой бумаги (B, 74).

Способ, посредством которого крыло при своем подъеме оказывается везде сквозным, а при опускании — цельным. Причина заключается в том, что когда оно поднимается, *b* отходит от *a* и *d* от *c* и воздух дает место для подъема крыла, а когда оно опускается, *b* возвращается в *a* и равным образом *c* в *d*. Сеть, натянутая на трубках

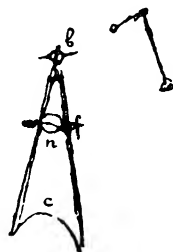


Крыло летательного прибора (С. А., 308 а).



сверху, образует хорошую арматуру. Однако позаботься, чтобы твой путь направлялся из *a* в *f* [из *f* в *a*?], чтобы воздух не встречал никакого препятствия (B, 73об.).

Руль летательных приборов. Здесь пусть *n* будет голова [летчика], движущая такой руль; иначе говоря, когда *n* движется в сторону *b*, руль расширяется, а когда *n* идет в противоположную сторону, этот хвост сокращается. Равным образом, когда *f* опускается, хвост опускается с этой же стороны, и, наоборот, при опускании на противоположной стороне, это производит сходное действие [на противоположной стороне хвоста] (L, 59).



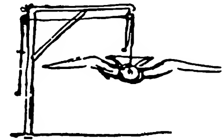
Как избежать опасности падения. Падение подобных приборов может происходить по двум причинам. Первая — поломка прибора, вторая — переворачивание его на ребро или в положение, близкое к этому, ибо он всегда должен опускаться по очень отлогой линии, почти горизонтальной.

Что касается предохранения прибора от поломки, то для этого нужно делать его очень прочным по всем направлениям, по которым он мог бы повернуться, т. е. падая ребром, головой, хвостом вперед, концом правого или левого крыла, и по линиям, проходящим между указанными линиями посредине или по четвертям...

Что касается переворачивания на бок на какое-нибудь ребро, надобно предотвратить его с самого начала, построив машину таким образом, чтобы при спуске в каком-либо направлении защита оказалась предусмотренной. Это будет достигнуто путем помещения центра тяжести [прибора] над центром тяжести поднимаемого им груза [т. е. человека] всегда по вертикальной линии и на довольно далеком расстоянии друг от друга, т. е. у прибора в 30 локтей ширины центры эти должны отстоять друг от друга на 4 локтя, и один, как

сказано, должен находиться под другим, и притом бо́льшая тяжесть быть внизу, дабы при спуске наиболее тяжелая часть всегда руководила движением.

Кроме того, если искусственная птица захочет упасть головой вниз, по наклону, который способен перевернуть ее, это не может случиться, ибо тогда часть более легкая оказалась бы под более тяжелой и легкое опустилось бы раньше тяжелого,— вещь при продолжительном спуске невозможная, как доказывается 4-м [положением] «Механических элементов» (V. U., 12об. — 12).

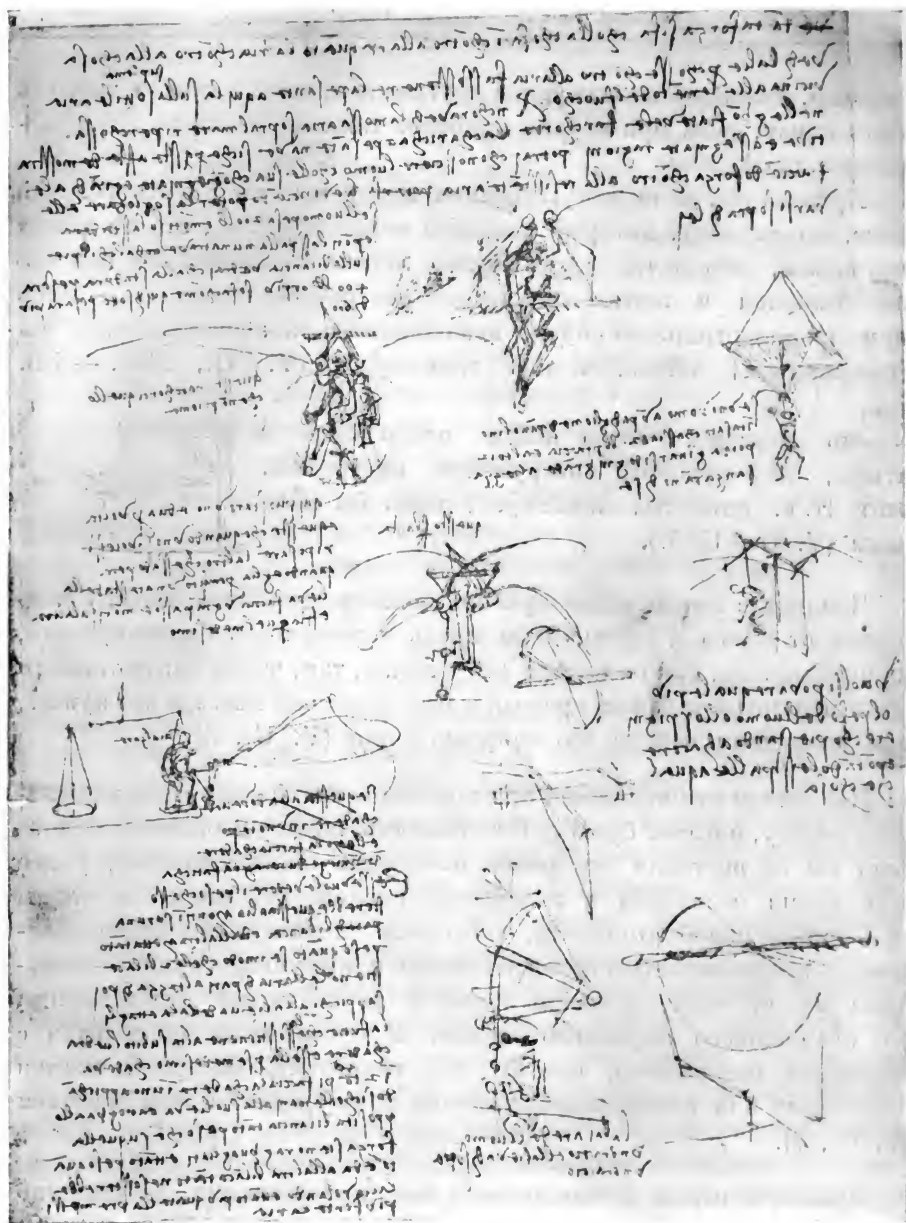


Это сделано, чтобы найти центр тяжести птицы, без какового инструмента инструмент этот [т. е. летательный аппарат] имел бы мало цены (V. U., 15об.).

Человек в летательном приборе должен сохранять свободу движений от пояса и выше, дабы иметь возможность балансировать, наподобие того, как он делает это в лодке, так, чтобы центр тяжести его и машины мог балансировать и перемещаться там, где это нужно, при изменении центра его сопротивления (V. U., 5).

Названная птица должна при помощи ветра подниматься на большую высоту, и в этом будет ее безопасность, потому что, даже в случае если бы ее постигли все ранее названные опрокидывания, у нее есть время вернуться в положение равновесия, лишь бы члены ее были большой стойкости, способные упомянутыми выше средствами противостоять стремительности и импульсу спуска — связками из прочной дубленой кожи и веревочными сухожилиями из прочнейшего сырцового шелка. И пусть никто не возится с железным материалом, потому что последний быстро ломается на изгибах или изнашивается, почему и не следует с ним возиться (V. U., 7).

Движение птицы всегда должно быть над облаками, дабы крыло не намокало и дабы имелась возможность открыть больше стран·



Страница «Атлантического кодекса» (С. А., 381об. а).

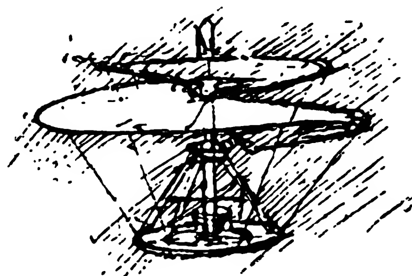
и избежать опасности переворачивания от ветра среди горных ущелий, которые всегда бывают полны ветряных вихрей и круговоротов. И кроме того, если птица опрокинулась бы навзничь, у тебя времени достаточно, чтобы вернуть ее в прежнее положение на основании уже указанных правил, до того как она достигнет земли (V. U., 6об.).

Мехи, в которых человек, падая с высоты 6 локтей, не причинит себе вреда, упадет ли на воду или на землю. И мехи эти, связанные наподобие четок, подвязываются сзади (V. U., 16).

Если падаешь с двойными мехами, которые держишь под задом, сделай так, чтобы ими удариться о землю (V. U., 16об.).

Если у человека есть шатер из прокрахмаленного полотна, шириною в 12 локтей и вышиною в 12, он сможет бросаться с любой большой высоты без опасности для себя[24] (C. A., 381об. a).

Наружный край винта должен быть из проволоки толщиной с веревку и от окружности до середины должно быть восемь локтей.



Я говорю, что когда этот прибор, сделанный винтом, сделан хорошо, т. е. из полотна, поры которого прокрахмалены, и быстро приводится в вращение, — что названный винт ввинчивается в воздух и поднимается вверх. Примером может тебе служить широкая и тонкая линейка, которую стремительно бросают в воздух; ты увидишь тогда, что обрез этой доски направляет движение твоей руки.

Арматура вышеназванного полотна должна быть изготовлена из длинных и толстых трубок. Можно сделать маленькую модель из бумаги, ось которой — из тонкой железной пластинки и закручивается с силой; будучи отпущена, она приводит во вращение винт[25] (B, 83об.).

ХИМИЯ



О горении и пламени

Там, где не живет пламя, не живет ни одно животное, которое дышит (С. А., 270 а).

О жаре и цвете огня не существует науки, ни о его природе, ни о цвете стекол и других вещей, которые в нем зарождаются, а только о его движениях и других акциденциях,— о том, как прибавлять и убавлять его силу и менять цвета̀ его пламени столькими различными способами, сколько существует разнообразных материй, его питающих и в нем распускающихся. И огонь са̀м по себе непосредственно способен умножаться до бесконечности, если бы только возможно было до бесконечности увеличивать количество пороха в бомбарде. А если предположить, что огню можно было бы дать количество пороха, равное объему всех четырех стихий, спрашивается, что бы он сделал или какое движение произвел над сферой огня и что бы сделала эта сфера? и т. д. (С. А., 270 а).

Нижняя часть пламени есть первое начало этого пламени, через нее проходит вся его маслянистая пища; и эта пища имеет тем меньше тепла в сравнении с остальным пламенем, чем меньше в ней блеска. Нижняя часть пламени — голубого цвета, здесь пища очищается и предуготовляется для пламени более светлого. Она первая ро-



ждается при возникновении пламени и рождается сферичной; прожив, некоторое время, она производит над собой маленький огонек блестящего цвета и сердцевидной формы, вершиной обращенный к небу; этот огонек непрерывно растет до бесконечности благодаря притоку питающей его материи...

Блеск, облекающий пламя свечи, в свою очередь облекается окружающим воздухом, и это — та пустота в воздухе, которая заполняется стихией огня (fuoco elemento); за огнем-стихией непрерывно рождается огонь производный (fuoco elementato), состоящий из огненного пара; он разливается во влажном дыме, а остальная часть этого дыма замутняет конец узкого пламени. По указанной причине пламя становится красноватым и в конце концов темнобагровым.

Между пламенем и свечой возникает циркуляция воздуха; после удара об основание этого пламени воздух поворачивает вверх и так, разогреваясь, ударяет о

поверхность свечи, растопляет ее и приуготовляет ее к питанию указанного пламени.

Подъем растопившейся влаги над фитилем свечи обусловлен пустотой, которая возникала бы, если бы приток новой пищи не заполнял места, где предшествующая уже уничтожена жаром огня...

...Голубое пламя, видимое у начала светлого языка горящей свечи, зарождается ниже тонких материй этого пламени и находится над темной окраской фитиля свечи. И превосходную часть этого голубого цвета мы видим по боковым краям такого пламени, со всех сторон, вокруг темного фитиля. Происходит это оттого, что чернота, отражаемая в ярких частях, кажется очень светлой, рождая красоту и становясь голубой; такова та темнота, которая отражается в сияющей вогнутости света, ее облекающего, и т. д.

Голубое пламя принимает сферическую форму, ибо оно не имеет столько жара, чтобы одолеть легкость воздуха, а потому и не образует пирамидальной фигуры, сохраняя форму сферическую, пока не нагреет окружающий воздух. И так как главный источник тепла для воздуха находится над главным жаром этого голубого пламени, тепло это рождается с той стороны, куда направлено естественное стремление пламени двигаться, а именно, по кратчайшему пути к сфере огня. Итак, огонь возникает в самой верхней части голубого сферического пламени в виде очень маленького кружка; этот круг сразу же, быстро расширяясь, овладевает своей пищей и проникает в воздух, его прикрывавший сверху. Голубой же цвет остается в основании пламени, как можно это видеть в свете свечи; происходит это оттого, что здесь пламя менее горячо, чем где бы то ни было еще, так как здесь происходит первая встреча пищи пламени с этим пламенем, и здесь зарождается первый жар, наиболее слабый и наименее греющий, поскольку он является началом жара, и т. д. (С. А., 270об. а).

Тот горючий материал даст меньше дыма, который будет содержать меньшее количество тепла. Тот дым — более темный, который содержит больше влаги. Самый верхний последний дым рождается

от верхней влаги, которая разлита в материи, питавшей пламя. Из веществ с одинаковым количеством влаги тó даст соответственно меньше дыма, в котором будет содержаться большее количество питательного вещества (речь идет о дровах). И происходит это оттого, что там, где дров больше, там и пламени больше, а где пламени больше, там больше поглощается питательного вещества, и наоборот; но такое поглощение не пропорционально порождаемому пламени и т. д.

Пламя имеет начало и конец в дыме. Дым, из которого рождается пламя, имеет гораздо больше тепла, чем дым, в котором кончается это пламя, так как в первом дыме содержится питательная сила пламени, а в последнем — смертное истощение того же самого пламени.

Молодые и сухие дрова дают более голубой дым, чем старые и сырые.

О пламени. 1) Там, где рождается пламя, там рождается ветер, его окружающий; течение такого ветра способствует питанию и приращению этого пламени. 2) Движение такого ветра будет тем более стремительным, чем большее количество пламени он должен питать. 3) То пламя будет более горячим, которое более светло. Отсюда следует и обратное: более светло то пламя, которое горячей. И то пламя будет более светлым, которое рождается в более быстро движущемся воздухе; и то, которое обладает более быстрым движением, будет более светлым.

Движение пламени в содружестве с ветром, который им порождается, будет круговым, если его питает вещество однородное; и такое круговращение параллельно, иначе говоря, такой круг будет иметь пустоту в середине, т. е. получит вид кольца. Следовательно, огонь возрастает со стороны ветра, который его питает; а противоположный ветер, который рождается около центра такого круговращения, джострирует против того ветра, который рождается снаружи этого круга, и, встречаясь, они охватывают и ударяют в пламя; удар их отражается и отскакивает к небу, унося с собою рожденное пламя.

Ветер, который рождается внутри огненного кольца, спускается сверху, а не приходит снизу, а тот, который рождается от этого кольца, движется снизу и сверху, как было доказано.

Огонь-стихия непрерывно уничтожает воздух, частично его питающий. И он оказался бы в соприкосновении с пустотой, если бы притекающий воздух не приходил на помощь, заполняя ее. Но тогда место, откуда такая помощь пришла, осталось бы в свою очередь пустым. И если бы притекающий воздух непрерывно не заполнял место, покинутое при предшествующем движении воздуха, так продолжалось бы дальше, вплоть до сферы воды. Но воздух, граничащий с водой, имеет такую плотность, что его испарения или пары достаточны для того, чтобы заполнить [путем своего разрежения] любую пустоту, которая могла бы образоваться над нею, и т. д.

Из совокупности языков пламени тот будет более высоким, который находится над бо́льшим количеством горючего вещества. Следует отсюда, что тот язык меньше, который питается меньшим количеством пищи.

Голубое пламя, посредствующее между мраком и светом, рождается между питательным веществом и пламенем свечи и обладает бо́льшим жаром и блеском, чем дым, и меньшим жаром и блеском, чем пламя. И пар не может переродиться в пламя, если раньше не превратится в этот голубой цвет, что можно наблюдать в различных видах дыма.

Пламя есть уплотненный дым, образуемый стечением воздуха, заключенным в этом голубом дыме. Голубой дым этот есть переход питающего вещества, т. е. маслянистости свечи. Белый дым, окружающий остальное пламя, есть незримый (spirituale) дым пламени свечи; в нижней своей части он смешан с верхней частью названного голубого дыма, а в верхней своей части смешивается с дымом, который источается из пламени этой свечи, и т. д. (С. А., 237об. а).

О металлах и их обработке

Об обмазке печи внутри. Прежде чем ты поместишь металл для плавки, печь должна быть обмазана глиной из Валенцы, а поверх нее — зола.

О том, как восстанавливать металл, если он хочет остыть. Когда ты видишь, что бронза хочет застыть, возьми ивовые дрова, мелко наколотые, и ими топи.

Причина застывания. Я утверждаю, что причина такого застывания часто вызывается слишком большим [ярким] огнем, а также плохо просушенными дровами.

Как распознавать свойства огня? Ты распознаешь, хорош ли и полезен ли огонь, по светлым языкам пламени; и если увидишь, что верхушки их темные и кончаются большим количеством дыма, не доверяйся ему, особенно если металл расплавлен почти как вода.

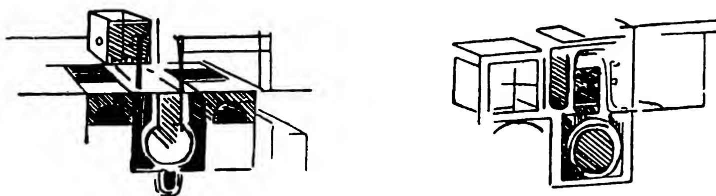
Какие дрова хороши? Дрова хороши, когда они из молодой ивы; а если ты не можешь достать ивы, возьми ольху. Та и другая должны быть молодые и вполне сухие.

О сплаве металла. Металл для бомбард вообще следует делать с добавкой от 6 до 8 процентов, т. е. 6 частей олова на 100 меди. И чем меньше ты его положишь, тем надежнее будет бомбарда.

Когда следует добавлять олово к меди? Олово к меди следует добавлять тогда, когда медь у тебя будет расплавлена.

Как ускорять плавку? Ты будешь ускорять плавку, когда $^2/_3$ меди расплавлено. Тогда палкой из каштанового дерева ты станешь часто переворачивать оставшуюся часть меди, еще цельную, в той части, которая уже расплавилась (Tr., 15об.).

Способ переплавки. Так можно было бы поступить, делая печь (fornello) прочную и с врытыми в землю столбами (pillata) (W, 12349).



Соединить свинец с другим металлом. Если бы ты пожелал из экономии добавить свинец в металл, сокращая количество нужного для металла олова, сначала сплавь свинец и олово, а потом вводи расплавленную медь.

Как надо плавить в печи? Печь должна быть сделана в четырех хорошо врытых в землю столбах.

О толщине крышки. Крышка не должна превышать толщину 2 дюймов и над поверхностью должна быть покрыта вчетверо более толстым слоем тонкой глины. Затем ее надо хорошо укрепить. И она должна быть обожжена только изнутри, а затем тщательтельно покрыта золой коровьего навоза (Tr., 16).

Порошок для медалей. Несгораемые фибры гриба, обращенные в порошок, перекаленное олово и все металлы, квасцы, слюда, копоть из латунного горна. И каждое из них смочи водкой или мальвазией (malvagia), или крепким уксусом, полученным из белого вина, или скипидаром первой очистки, или маслом, но чтобы влажности было мало. И брось это в формы для отливки (telaroli) (C., 15об.).

Как нужно полировать формы для отливки? Из проволоки, толщиною в бечевку, сделаешь кисть и с водою будешь протирать, внизу держа чашку, чтобы не насорить.

Как удалять неровности на бронзе? Сделаешь железную колотушку в виде широкой скарпели и ею будешь бить по тем гребням на бронзе, которые остаются на формах для

отливки бомбард и получаются от швов формы. Но позаботься, чтобы колотушка была веской, а удары продолжительные и сильные.

О б л е г ч и т ь   п л а в к у. Сделай сначала сплав из части металла в тигле, а потом помести в печь, и она в расплавленном виде послужит началом для плавки меди.

П р е д о х р а н и т ь   м е д ь   о т   о х л а ж д е н и я   в   п е ч и. Если медь в печи будет остывать, постарайся сразу же, как ты это заметил, разделять ее длинными палками (frugatoi), пока она еще мягкая; а если она совершенно застынет, разделяй ее широкими и большими скарпелями, как это делают со свинцом.

Е с л и   т е б е   п о т р е б о в а л о с ь   б ы   с д е л а т ь   б о л ь ш у ю   ф о р м у   д л я   о т л и в к и. Если бы тебе потребовалось сделать форму для 100 000 фунтов, делай ее с двумя печами на 2000 фунтов каждая или на 3000 фунтов самое большее (Tr., 17).

О   с л е п к а х   с   м е д а л е й. Паста из размельченного наждачного камня (smeriglio), смешанная с водкой, или железные стружки с уксусом, или зола ореховых листьев, или зола соломы, тонко растертая.

Алмаз толкут, завернутый в свинец; по свинцу ударяют молотком и несколько раз расплющивают; когда он расплющен, его завертывают в бумагу, чтобы получившийся порошок не рассыпался. Затем расплавь свинец, тогда порошок выйдет на поверхность расплавленного свинца; его растирают между двумя стальными пластинками, пока он хорошенько не распылится. Затем промой в крепкой водке (acqua da partire), от этого растворится чернота железа и порошок станет чистым.

Наждак в крупных кусках разбивают, поместив на сукно, сложенное много раз, и ударяют по нему молотком сбоку, так он разбивается. Затем растирай его там постепенно, и тогда он легко размельчается. И если бы ты положил его на наковальню, ты никогда не разбил бы его, когда он такой крупный.

Тот, кто растирает смальты, должен делать это при помощи клиновидного точильного камня (macinatojo da conio) на пластинках

из закаленной стали. Затем нужно поместить сталь в крепкую водку, она растворит всю сталь, которая стерлась и смешалась со смальтой, сделав ее черной, и тогда смальта очистится и потеряет примеси. А если ты будешь смальту растирать на порфире, то он сотрется и смешается со смальтой и ее испортит и крепкая водка никогда не сможет его удалить, ибо она неспособна растворять порфир.

Если хочешь сделать красивый голубой цвет, раствори смальту в тартаре, а затем удали сверху соль.

Остекляневшая латунь дает красивый красный цвет. (V. U., верхн. обл. об.).

Для отливки. Тартар, пережженный и размельченный с гипсом, приводит к тому, что после отливки этот гипс держится, а потом он распускается в воде (Forst. III, 42об.).

Для отливки бронзы в гипсе. Возьми на каждые две чашки (scodelle) гипса одну пару жженых бычьих рогов, смешай их вместе и производи отливку (Forst. III, 39об.).

Если ты хочешь производить отливку в воске, сожги пену свечой и форма будет без пузырьков (Forst. II, 64об.)

Стукко для отливочных форм. Возьми 6 частей коровьего масла, 2 части воска и столько мелкой муки (farina volatile), чтобы при наложении на расплавленные предметы она делала их крепкими наподобие воска или горшечной глины.

Клей. Возьми мастику, скипидар и белила (C. A., 320 d).

Стукко. Сделай стукко на выступе 〈...?〉 из гипса, который должен состоять из Ареневы и Иирукрема[1], и покрывай хорошенько этот выступ слоем, равным ширине ножа и определяемым при помощи шаблона (sagoma). Накрой крышкой дистилляционного колокола и получишь обратно ту влагу, при помощи которой ты накладывал пасту. Остальное хорошенько просуши и затем прогрей и прибей или отполируй хорошим лощилом. Делай толще к краю.

Стукко. Истолки олкетс с арубой и водой, приготовив пасту и сделав стукко; затем давай стекать каплям так, чтобы он просох, а затем отполируй в огне так, чтобы блестело (G, 75 об.).

Сагома[2]. Сагома должна быть из Венеры или Юпитера или Сатурна и вновь и вновь должна быть бросаема в лоно своей матери. Следует пользовать ее тонким каджаном, и сагомируемое должно быть Венера и Юпитер, наносимый на Ареневу. Но сначала испытаешь ты смесь Венеры и Меркурия с Юпитером, делая так, чтобы Меркурий убежал. И затем провулкань хорошенько, чтобы Венера и Юпитер перенептунились сколь возможно мельче (G, 53).

Подумай о тех средствах, при помощи которых был припаян шар на Санта Мариа дель Фиоре (G, 84об.).

О красках, лаках и других материалах, применяемых в живописи

Ты получишь хорошую охру, если применишь способ, употребляемый при изготовлении белил (H, 94об.).

Прекрасный желтый цвет. Раствори реальгар или аурипигмент в крепкой водке (C. A., 71об. a).

Для желтой глазури (vetro giallo): 1 унцию цинковой окиси (tuzia), $^3/_4$ — индийского шафрана (curcuma), $^1/_4$ — буры; и все вместе разотри в порошок.

Потом возьмешь: $^3/_4$ бобовой муки, 3 унции сухих крупных фиг, $^1/_4$ воробьиных ягод (uva passerina) и немного меду — и смешай и сделай пасту.

Потом возьми тигель и положи на дно его немного указанной пасты, а на эту пасту немного указанного порошка, сверху же них — твое стекло и на стекло — указанный порошок, а затем пасту и, пока они еще не с ⟨...⟩ [сухи?], дай огонь, чтобы они растопились. (C. A., 244об. b).

Красный — маки, сухие и в порошке. Цикорий, сухой дрок и все цветы (C. A., 313об. b).

Чтобы получить красный цвет для стекла, передающий оттенки телесного цвета, возьми рубины из новых скал или гранаты и смешай их немного; также армянская земля годится отчасти (Tr., 40об.)

Чтобы сделать индиго. Возьми цветы вайды (guado) и крахмал в равных долях и замешай вместе с мочей и уксусом и сделай из этого кашу (migliaccio); высуши ее на солнце и, если окажется слишком белым, добавь цветов вайды, делая пасту той темноты цвета, какая тебе потребна (С. А., 214 с).

Ярь, приготовленная из меди, даже если эта краска стерта с маслом, улетучивается со своею красотою, если ее не покрывать немедленно лаком. Но она не только улетучивается; если ее вымыть губкой, намоченной в самой простой и обыкновенной воде, то эта ярь отстанет от доски, на которую она наложена, и особенно в сырую погоду. Происходит это потому, что ярь-медянка образуется силою такой соли, которая легко растворяется в дождливую погоду, особенно если ее смачивают или смывают вышеназванной губкой (Т. Р., 211).

Чтобы получить красивый зеленый цвет. Возьми ярь-медянку и смешай ее с мумией и получишь самую темную тень; далее, для более светлой тени — ярь и охру; для еще более светлой — ярь и желтую. А для света — чистую желтую. Затем возьми ярь и индийский шафран и лессируй все.

Чтобы получить красивый красный цвет. Возьми киноварь, смешанную с жженой охрой, — для темных теней; а для более светлых — аматит и миниум, для света — один миниум, потом лессируй хорошенько белилами.

Чтобы получить хорошее масло для живописи. Одна часть масла, одна часть скипидара простой и одна часть двойной очистки (С. А., 262 с).

Ярь-медянка с алоэ или желчью или с индийским шафраном дает прекрасную зелень. Также шафран или жженый аурипигмент. Но сомневаюсь, не почернеет ли она в короткое время. Лазурь, ультра-

марин и желтая краска для стекла (giallo di vetro), смешанные вместе, дают прекраснейшую зелень для фресок, т. е. для стенной живописи.

Бакан (lacca) и ярь-медянка дают хорошую тень для синевы в масляной живописи (E, 96об.).

Чтобы окрасить белую кость в зеленый цвет, положи эту кость в медный сосуд с козьим молоком и тонкой медной ярью. В этом молоке держи кость и следи, чтобы она была покрыта им. Закупори сосуд и поставь его в теплый навоз,— через 6 дней ты найдешь кость зеленую и должного качества.

Окрасить кость в желтый цвет. Незрелый виноградный сок, сок сладкого апельсина, аурипигмент смешай вместе, а потом положи кость внутрь. Затем достань ее, вымой свежей водой, хорошенько очисти, а потом опять положи с небольшим количеством не слишком крепкого щелока и дай стоять 18 дней,— тогда она будет готова (B. M., 258).

Белила. Высуши бороду аронника (gichero) и прокали.

Белила. Положи белила на сковороду, ровным слоем, толщиною в веревку, и дай стоять 15 дней на солнце в хорошую погоду. По утрам, когда солнце высушит ночную росу, брызгай на сковороду время от времени щеткой и каждый день подливай столько воды, чтобы белила оставались жидкими, как подливка ⟨...⟩ (C. A., 71об. a).

Бумага для черных рисунков, исполняемых при помощи слюны. Возьми порошок чернильного ореха и купорос, размельчи и покрой этим бумагу, как лаком; затем пиши пером, смоченным слюной, и получится у тебя черно, как чернила (Forst., III, 39об.).

Тень — черная краска и охра; свет — белая, желтая, зеленая краска, миниум и бакан (lacca). Средние тени — возьми вышеуказанный состав для тени и смешай его с указанным телесным цветом, добавляя немного желтой краски, а затем зеленой и, смотря по

надобности, бакан. Чтобы получить тени, возьми зелень и бакан для средних теней (С. А., 71 а).

Узнай у Жанэ Парижского[3] способ писать a secco и способ применять белую соль, делать ординарную проклеенную бумагу (carta impastata) и картон. И его ящичек с красками. Научись передавать телесный цвет темперой. Научись растворять гуммилак (С. А., 247 а).

Приготовить доску для живописи. Дерево будет кипарис, груша, рябина или орех. Его ты укрепишь мастикой или скипидаром двойной очистки и белилами, или, если угодно, известкой. Поместишь в раму так, чтобы оно могло разбухать или ссыхаться в зависимости от сырости или сухости. Потом ты дашь ему дважды или трижды водки, в которой растворен мышьяк или сулема; потом дашь кипящего льняного масла так, чтобы оно всюду проникло; прежде чем оно остынет, хорошенько протри суконкой досуха. И сверху покрой жидким лаком и белилами при помощи палочки.

Когда они высохнут, промой мочей, а затем пропороши и тонко прочерти свою прорись. А сверху положи подмалевок из 30 частей медной яри на одну часть медной яри, смешанной с двумя частями желтой краски (А, 1).

Чтобы сделать карандаши для раскраски a secco. Разотри с небольшим количеством воска, и краска не сойдет. Этот воск ты растворишь в воде так, что, когда белила распустятся, вода, дистиллируясь, уйдет в пар и останется один воск. И сделаешь хорошие карандаши. Но помни, что нужно растирать краски горячим камнем (Forst. II, 159).

Восстановить сухие масляные краски. Если ты хочешь восстановить сухие масляные краски, вымачивай их одну ночь в мыльном растворе (maestra del sapone) и размешивай их пальцами в этом растворе. Налей их в стакан и промой водою и таким образом ты получишь опять краски, которые у тебя высохли. Но позаботься о том, чтобы каждая восстановленная краска имела свой отдельный стакан,

куда ты будешь постепенно подбавлять ее, по мере ее восстановления, и позаботься, чтобы они оставались мягкими. А когда захочешь применить их для темперы, промой их раз пять-шесть колодезной водой и дай постоять. Если мыльный раствор (maestra) становится мутным от некоторых красок, профильтруй его (С. А., 71об. а).

Для окраски золотых изделий: купороса $1/2$ унции, медной яри $1/4$ унции, селитры $1/4$ унции — положи в тигель вместе с золотом, которое хочешь окрасить.

То же самое: купороса 1 унцию, медной яри $1/2$ унции, нашатыря (sal armoniaco) 2 драхмы, чистого воска 2 унции — сделай восковую массу и положи в тигель как <...> (С. А., 244об. b).

Лак. Возьми кипарис, дистиллируй его, достань большой кувшин и налей туда этого дистиллята с таким количеством воды, чтобы он казался похожим на амбру. Хорошенько покрой его сверху так, чтобы он не испарялся. И когда этот дистиллят растворится, добавляй туда еще этого дистиллята, чтобы раствор был настолько жидким, насколько это тебе нужно. И знай, что амбра (carabe) — это смола кипариса.

Лак. И поскольку лак есть смола можжевелового дерева, постольку при дистилляции можжевельника ты сможешь растворять в указанном дистилляте этот лак так, как сказано выше (Forst. I, 43).

Лак. Сделай надрез на можжевелевом дереве и полей это дерево у его подножия; жидкость смешай с ореховым маслом и получишь превосходный лак, подобный лаку из амбры. То же самое ты сделаешь с кипарисом и получишь лак, прекрасный и добротный по своему качеству. Делай его в мае или апреле (Forst., I, 44об.).

Лак (vernice della ignia). Меркурий с Юпитером и Венерой — сделай из них пасту; при помощи сагомы она должна непрерывно исправляться, пока Меркурий совершенно не отделится от Юпитера и Венеры[4] (G, 46об.).

О смешивании красок

О смешивании красок друг с другом, которое простирается в бесконечность. Хотя смешивание красок друг с другом и простирается в бесконечность, я не

премину привести небольшое рассуждение о нем, сначала установив определенное число простых красок. С каждой из них я буду смешивать каждую из остальных, сначала одну с другой, потом по две, по три [с той же] и т. д. вплоть до исчерпания числа всех красок. Далее я вновь буду смешивать краски две с двумя, три с двумя, а потом четыре [с двумя], продолжая до конца с этими первыми двумя красками. Затем я возьму три и с этими тремя буду сочетать другие три, дальше — шесть и т. д. А потом я прослежу эти смеси во всех пропорциях.

Простыми красками я называю те, которые не являются составными и которые нельзя изготовить путем смешивания других красок. Хотя черное и белое и не причисляются к цветам, ибо одно есть тьма, а другое — свет, т. е. одно есть отсутствие, а другое — начало, порождающее [цвета́], тем не менее я не хочу их оставить без внимания, ибо в живописи они — главные, поскольку живопись слагается из тени и света, т. е. светлого и темного.

За белым и черным следуют синее и желтое, далее — зеленое и «львиное» (leonino), т. е. тането, иначе говоря, охра, еще далее— фиолетовое (morello) и красное; всего их восемь красок и более не существует в природе. С них я начинаю смешивать и сначала возьму черное и белое, далее — черное и желтое, черное и красное, далее — желтое и черное, желтое и красное. И так как здесь на странице мне недостает места, я отложу эти подразделения до моего пространного труда, который будет очень полезен, мало того — совершенно необходим. И такое описание будет посредствовать между теорией и практикой живописи (Т. Р., 213).

П р о п о р ц и я к р а с о к. Если унция черной краски, смешанная с унцией белой, дает одну ступень темноты, то сколько ступеней темноты дадут 2 унции черной на 1 унцию белой? (А, 8об.)

П р и ч а с т н а л и п о в е р х н о с т ь в с я к о г о н е п р о з р а ч н о г о т е л а ц в е т у п р о т и в о с т о я щ е г о е й п р е д м е т а? Ты должен понять: если поставить белый предмет между двумя стенами, из которых одна — белая, а другая — черная,

то окажется, что между темной и светлой частью указанного предмета такое же отношение, как и между вышеуказанными стенами. И если предмет будет синего цвета, получится то же. Вот почему, собираясь писать картину, ты поступишь следующим образом: возьми черную краску для теней синего предмета, такую же, какова чернота или тень стены, которая отражается на твоем предмете; и такими будешь делать тени. Желая сделать то же на основе достоверного и подлинного знания, ты будешь поступать так. В том случае, когда ты окрашиваешь стены в любой произвольный цвет, пользуйся маленькой ложечкой, немного большей, чем ложечка для ушей,— большей или меньшей в зависимости от больших или малых размеров произведения, для которых ты будешь применять подобную операцию. Эта ложечка должна иметь на своих концах одинаково глубокие края. Посредством нее ты будешь дозировать количество красок, применяемых тобою в твоих смесях. Так, если на указанных стенах ты сделал первую тень в 3 градуса темноты и 1 градус светлоты, т. е. взял 3 ложки простой черной краски и 1 ложку белой, уравняв их поверхность сверху, как выравнивают мерки зерна, нет сомнения, что ты сделал смесь вполне определенного качества. Итак, ты сделал одну белую и одну темную стену и теперь между ними должен поместить синий предмет, которому ты хочешь придать его настоящие тени и освещенность, соответствующие такой синеве. Положи, стало быть,с одной стороны ту синюю краску,которая должна остаться без теней, а рядом положи черную. Затем возьми три ложки черной краски и смешай с одной ложкой синей светлой, накладывая ею самые темные тени (Т. Р., 433).

Правило, как надлежит распределять подлинную яркость света на гранях указанного [в предыдущем параграфе] тела. Нужно взять краску, имеющую тот же цвет, что и тело, которое ты хочешь изобразить, и взять краску для главного света, посредством которого ты хочешь осветить это тело. Затем, если ты установишь, что указанный выше бóльший угол равен удвоенному меньшему, ты возьмешь

1 часть естественной краски изображаемого тела и добавишь 2 части света, который ты ему хочешь придать. Тогда ты получишь свет, вдвое более светлый, чем меньший. Далее, чтобы сделать свет вдвое меньший, возьми 1 часть естественной краски названного тела и прибавь к ней 1 часть указанного света,— так одному и тому же цвету ты дашь два освещения, одно вдвое больше другого, ибо в одном случае на определенное количество краски приходится равное ему количество света, а в другом — вдвое большее. И если ты хочешь в точности измерить эти количества красок, ты должен иметь маленькую ложечку, при помощи которой ты сможешь брать равные доли... и когда ты взял ею краску, пригладь маленькой линейкой, как это обычно делают с мерками зерна при его продаже (Т. Р., 756).

О маслах

Масло. Семена горчицы, растолченные с льняным маслом (Forst. III, 10об.).

Масло. Сделай масло из семян горчицы. И если хочешь сделать его с меньшим трудом, смешай вымоченные семена с льняным маслом и помести все под пресс (torchio) (Forst. III, 40).

Устранить запах масла. Возьми прогорклое масло, налей 10 кружек в сосуд и сделай отметку на сосуде, указывающую уровень масла. Затем добавь кружку уксуса и кипяти до тех пор, пока масло не опустится ниже сделанной отметки,—тогда ты можешь быть уверен, что масло восстановило свое прежнее качество, а уксус весь ушел в пар и унес с собой весь неприятный запах. То же самое, я полагаю, получится с ореховым и всяким другим маслом, имеющим неприятный запах (К, 112об.).

Знай, что все масла, образующиеся в семенах или плодах, весьма светлые по своей природе. А желтый цвет, который ты видишь в них, получается лишь от неуменья удалить его. Огонь, или теплота по своей природе имеет силу, которая заставляет масло принимать

окраску,— удостоверься в этом на опыте, на примере древесных соков или клеев, близких по природе к смолам. Они застывают в короткое время, ибо внутри них тепла больше, чем в масле, и по прошествии долгого времени принимают определенный желтый цвет, приближающийся к черному. Что касается масла, то, будучи не таким теплым, оно не производит подобного эффекта; хотя оно иногда и застывает, тем не менее оно становится более красивым [и не чернеет].

Изменение масла, применяемого в живописи, обусловлено не чем иным, как неким соком, присущим той шелухе, которая прилегает к оболочке, облекающей орех. Будучи размельчаема вместе с орехами и имея природу почти такую же, как масло, она смешивается с ним. И это такая тонкая вещь, что она имеет способность проникать через все краски и выходить наружу. В этом-то и заключается причина, которая заставляет краски меняться. И если ты хочешь, чтобы масло было хорошим и не густело, положи внутрь немного камфоры, растопленной на медленном огне, и хорошенько перемешай ее с маслом,— тогда оно никогда не загустеет.

Орехи, которые в течение 6 часов вымачиваются в щелоке (ranno) в своей шелухе, имеют способность окрашивать его и делать его темным. Поэтому было бы хорошо, прежде чем они уничтожатся, менять щелок через каждые 6 часов, до тех пор пока он не станет светлым. Затем следует переменить и вместо щелока налить чистую воду и поступать так же, как ты поступал с щелоком, до тех пор пока вода не станет светлой. Затем дай постоять до тех пор, пока они не уничтожатся. В остальном действуй так, как было сказано выше, и все тебе удастся отлично,— масло получится тонкое и хорошее (С. А., 109об. b).

Орехи покрыты некоей оболочкой (bucciolina), природа которой родственна природе зеленой шелухи (mallo); поэтому, если не удалять ее, делая из орехов масло, эта зеленая шелуха окрашивает его, и когда ты применяешь его в дело, она отделяется от масла и проступает на поверхность картины,— это именно и есть то, что заставляет ее меняться (С. А., 1об.).

Клей для кожи

Завтра утром, 2 января 1496 г., велишь сделать широкий ремень и испытание[5]. Чтоб сделать клей, возьми крепкий уксус, в котором раствори рыбий клей, и из клея этого сделай пасту и им склей кожу и будет годиться (С. А., 318об. а).

О благовониях, зловонных веществах и ядах

4 унции нового воска, 4 унции греческой смолы, 2 унции ладана, 1 унция розового масла. Растопи сначала воск и масло, потом — греческую смолу, а потом остальное обрати в порошок.

Смолы 4 унции, нового воска 4 унции, ладана 2 унции, розового масла 1 унция (Н, 18об.).

Сделать благовоние. Возьми хорошую розовую воду и налей себе на руки, затем возьми цветок лаванды, растирай его между ладонями и будет хорошо (С. А., 295 а).

Благовония. Возьми водку (aqua arcente) и положи в нее любое благовоние, и она его сохранит и удержит в себе.

Благовония. Миндаль без скорлупы положи в цветы апельсинного дерева или жасмина, или бирючины (rovistrice) или в другие какие-нибудь благоуханные цветы, перекладывая его каждый день один раз разными цветами, чтобы миндаль не получил лежалого запаха (С. А., 71об.).

Помни, что водка вбирает в себя все цвета и запахи цветов, и если хочешь получить голубой, положи в нее цикорий (fiorarigi), а для красного — маки (rosolacci) (В, 3об.).

Если хочешь сделать зловоние, возьми человеческий кал и мочу, вонючую лебеду, если же у тебя нет, капусту и свеклу и вместе положи в стеклянную банку, хорошо закупоренную, и в течение месяца держи под навозом, затем брось, где хочешь произвести зловоние, так, чтобы она разбилась.

Хорошо также взять угрей и мочу и дать им гнить так, как указано выше.

Также раки одни, закупоренные в банке и положенные в навоз. И разбей, где хочешь (B, 11).

Смертный дым. Возьми мышьяк и смешай с серой, или реальгар. Способ розовая вода. Дистиллированная жаба (rospo), а именно наземная. Пена бешеной собаки и дистиллированный кизил (cornio). Тарантул тарентский. Порошок медной зелени или ядовитой извести для бросания на корабли (C. A., 364об. a).

Если сделать сверлом отверстие в молодом дереве и вогнать туда мышьяку и реальгару, сублимированных и растворенных в водке (acqua arzente), то это имеет силу сделать ядовитыми его плоды или его иссушить. Но следует названному отверстию быть большим и доходить до сердцевины и быть сделанным в пору созревания плодов, а названную ядовитую воду следует впускать в такое отверстие при помощи насоса и затыкать крепким куском дерева. То же самое может быть сделано, когда молодые деревья находятся в соку (C. A., 12a).

Вывести пятна на белом коне можно при помощи испанского железняка (ferretto di Spagna) или крепкой водки, или состава, уничтожающего волосы (merdocco) (L, 2).

О картоне и бумаге

Прекрасная плотная бумага получается, если применять настой (mistura) и молоко аронника (gichero): когда сделана такая бумага, а затем смочена, сложена и проклеена (avviluppata), ее пропитывают указанным настоем и дают ей так просохнуть. Но если ты ее переломишь, прежде чем она намокнет, она получится похожей на лапшу. Намочи ее и проклей, а затем положи в настой и дай высохнуть. Тогда она будет хорошая.

Когда бумага будет покрыта густыми и прозрачными белилами и сардонием, а потом смочена, чтобы не образовать кругов, и

проклеена в крепком прозрачном клейстере и когда он ее укрепит, тогда нарежь ее величиной в два дюйма и дай высохнуть.

Также, если ты делаешь крепкий картон из сардония, просушивай его, а затем клади между двух листов бумаги и поколачивай его деревянным молотком или кулаком; затем аккуратно открой, придерживая нижний лист, чтобы разбитые кусочки отделились друг от друга, потом возьми лист бумаги, пропитанный горячим клеем, и наложи его на все эти кусочки, дай присохнуть и тогда переверни, несколько раз пуская клейстер в промежутки между кусочками и всякий раз подливая сначала черной, а потом белой устойчивой краски, и так оставляй каждый раз высыхать. Потом выравняй и отполируй (F, 56).

Об искусственных камнях и жемчуге

Возьми естественное или, если угодно, случайное ветвление и покрой его одним слоем; затем укрепи его на медной доске, чтобы оно не коробилось; сделав это, покрой его столькими слоями, сколькими сочтешь нужным. Эти слои должны быть очень тонкими и каждый раз должны хорошенько просыхать. После того как ты наложил по своему усмотрению эти слои, ты станешь класть более толстые и более тонкие корки с белыми и прозрачными жилками, а также с черными и прозрачными белыми, с желтыми и прозрачными желтыми, сделанными из шафрана или индийского шафрана (curcuma), растворенного в уксусе и затем дистиллированного в алембике (не в алембике, а в фильтре), и покрой частично другими красками, густыми (fissi) или прозрачными, а последние промежутки заполни густой белой краской. Оставь так хорошенько просохнуть; после того, как все придет к одному уровню, выравняй маслом и песком, а затем маслом и трепелом. Затем распили на пластинки, толщиною в книжный переплет, отполируй, наведи глянец и, наконец, покрой возможно тонким слоем лака. Очисти поверхность руками и лезвием ножа, чтобы на ней не было видно никакого следа от прикосновения рук. И так сделай раз шесть или восемь. На это не потре-

буется много времени, ибо все будет готово дня в два или три летом или зимой на ветру. И будет казаться, что это — стекло. Но помни, что если станешь распиливать пластинки, то нужно будет покрывать их поверхность два или три раза твоею смесью, чтобы не видно было, как их неровность и грубость покрыта слоями вещества. А если хочешь сделать крупные четки, обработай такую материю на токарном станке, потом отшлифуй и покрой ее поверхность два или три раза, как было указано выше, а затем отлакируй.

Vertino [разновидность фигового дерева] и шафран, или, если угодно, индийский шифран (curcuma) или чистотел. Млечный сок фигового дерева образует халцедон, зеленая шелуха орехов и чернота [орехового масла] образуют агат. Никакая чистая черная или белая краска никогда не была прозрачной (F, 73об.).

Растворять жемчуг. Если бы ты захотел сделать пасту из мелких жемчужин, возьми лимонного сока и размочи, — и за одну ночь они разойдутся. И оставив их такими как есть, слей этот сок и полей снова и так поступи два-три раза, чтобы паста стала тончайшей; затем промой эту пасту в чистой воде столько раз, чтобы совсем не осталось лимонного сока. Сделав это, дай высохнуть пасте, так, чтобы она превратилась в порошок; затем возьми хорошо взбитого яичного белка и положи и дай названному порошку размякнуть, чтобы он сделался как паста, и сделаешь из нее жемчужины какой угодно величины и дашь им высохнуть. Затем положи их на небольшой токарный станок, и на нем их отполируешь зубом или лощилом из кристалла и халцедона. И так отполируй их, чтобы вернуть им прежний их блеск; и я уверен, что перламутр при растворении будет то же, что жемчуг (C. A., 109об. b).

Очень тонкое стекло режется ножницами. Если его класть на инкрустации (tarsie) из кости, покрытые позолотой или другими красками, ты сможешь его резать вместе с костью, а затем соединять. И оно сохранит блеск, который не повреждается и не пропадает от трения рук (B. M., 139).

Об изготовлении селитры

Если хочешь сделать селитру, возьми второй или третий слой земли из свинарни, овчарни или стойла других подобных животных и положи эту землю в лоханку с водой или щелоком, сделанным из золы (vagiello). Жидкости пусть будет в $1^1/_2$ раза больше, чем земли. Размешай так, чтобы они проникли друг в друга, и оставь стоять два дня. Затем вновь перемешай и вместе с проточной водой кипяти на жаровне; дай покипеть часов 7 или 8, как тебе покажется нужным, часто давая выходить пару, а потом указанную воду влей в сухие сосуды, глиняные или деревянные, в которых будут соломинки или прутья и, покрыв тканью, дай постоять дня два-три на воздухе в ясную погоду.Тогда найдешь селитру, приставшую к указанным соломинкам. Слей воду и останется у тебя селитра. Положи ее на солнце просыхать, пока она не станет вполне сухой (B. M., 259об.).

О бенгальских огнях и фейерверках

Знай, что при кипячении льняного масла до того, чтобы вспыхнул внутри огонь, поднимаются, если сверху лить красное вино, огромнейшие разноцветные языки пламени, и оно продолжает пылать, пока вино льется (C. A., 380 b).

Огонь. Если бы ты пожелал сделать огонь, который вспыхивает в зале без вреда, поступай так: прокури сначала залу густым дымом ладана или другого благовония, потом выпали. Или кипяти, обращая в пар, 10 фунтов водки (позаботься, однако, чтобы зала была отовсюду закрыта), и брось в эти пары распыленный [сухой] лак — этот порошок будет довольно хорошо держаться в них; затем внезапно войди в названную залу с факелом и сразу все вспыхнет (Forst. I, 43).

Огонь. Сними желтую оболочку, которая находится на померанцах; дистиллируй их в алембике до того состояния, когда можно будет назвать дистиллят совершенным.

Огонь. Хорошенько закрой комнату и поставь раскаленную медную и железную жаровню, брызгай на нее двумя кружками водки, понемногу, так, чтобы она обращалась в пар. Затем вели войти кому-нибудь со светильником и ты увидишь, что сразу же комната озаряется огнем, словно пламенем, и этот огонь никому не повредит (Forst., I, 44об).

О греческом огне

Греческий огонь. Возьми уголь ивового дерева, селитру, водку, серу, вар с ладаном, камфору, эфиопскую шерсть и кипяти все вместе. Этот огонь обладает таким желанием жечь, что преследует дерево даже под водой. И добавь в этот состав жидкий лак, петролеум, скипидар и крепкий уксус, смешай все вместе и высуши на солнце или в печи, когда из нее вынут хлеб. А затем скатай эту массу вокруг фитиля из конопли или чего-либо подобного, придав круглую форму. Со всех сторон воткни очень острые шипы, оставив в этом шаре только одно отверстие в качестве фузеи (razzo). Затем покрой канифолью и серой.

Равным образом этот огонь, будучи прикреплен к вершине длинного шеста, имеющего железный наконечник в 1 локоть во избежание возгорания, хорош в тех случаях, когда нужно ускользнуть или защититься от вражеских кораблей, не поддаваясь их натиску.

Равным образом бросайте стеклянные сосуды, полные смолы, на суда противника — я имею в виду людей, участвующих в сражении,— а потом бросайте вслед подобные зажженные шары, которые способны сжечь любой корабль (Tr., 19).

* * *

Селитра (sal nitro), купорос (vitriolo), киноварь (cinabro), квасцы (allume) ... (iamene), нашатырь (sal ammoniaco), сублимированная ртуть (mercurio sullimato), горная соль (salgemma), щелочная соль (sal arcali), обыкновенная соль (sal commune), квасцовый камень (allume di rocco), кристаллические квасцы (allume scisso),

мышьяк (arsenico), сулема (sullimato), реальгар (risagallo), винный камень (tartero), аурипигмент (orpimento), медная зелень (verderame) (W, 12347).

Положи марказит в крепкую водку, и если она станет зеленой, знай, что он содержит медь. Извлеки ее селитрой и мягким мылом (Forst. III, 37об.).

Крепкая водка: 1 фунт купороса, 1 фунт селитры и 1 фунт горных квасцов.

Крепкая водка: 1 фунт селитры, 1 фунт горных квасцов (С. А., 244об. b).

Крепкая водка: нашатырь, купорос (coppo rosso), селитра — всего поровну.

Эта водка растворяет солнце[6] (С. А., 244об. b).

Ляпис расходится в вине и в уксусе или в водке (acquavite); а потом может быть опять восстановлен сладким клеем (colla dolce) (E, 96).

Соль, приготовленная из пережженных и кальцинированных человеческих испражнений; полученный осадок просуши на медленном огне. Все испражнения сходным образом дают соль, и эти дистиллированные соли очень едки (W, 12351).

Морская вода, протекая сквозь ил или глину, оставляет в них всю свою соленость. Шерстяные ткани, подвешенные на бортах кораблей, поглощают пресную воду. Если ты дистиллируешь в колоколе (campana) морскую воду, она получается превосходного качества; и устроив маленький очаг в корабельной кухне, на тех же дровах, на которых варится пища, можно будет дистиллировать большое количество воды, если колокол большой (Tr., 18об.)

Как разбавлять белое вино и превращать его в красное. Размельчи в порошок чернильный орешек и дай постоять 8 дней в белом вине. Точно так же раствори купорос

в воде и дай хорошенько отстояться и проясниться как воде, так и вину, каждому в отдельности, и хорошенько процеди их. И когда ты будешь разбавлять такой водой белое вино, оно станет красного цвета (Forst. III. 39об.)

Разбить камснь в мочевом пузыре. Возьми кору орешника, кости финика и камнеломку, семена крапивы, всего поровну. И из всего сделай мелкий порошок. Принимай за едой в виде приправы или же утром в виде сиропа с теплым белым вином.

Также и спаржа или бирючина, или варево из красного гороха (С. А., 270об. b).





О СВЕТЕ, ЗРЕНИИ И ГЛАЗЕ



О свете и зрении

Глаз, называемый окном души, есть главный путь, благодаря которому общее чувство может в наибольшем богатстве и великолепии созерцать бесконечные произведения природы. А ухо — второй путь; оно становится благородным посредством повествования о вещах, видимых глазом (B. N. 2038,19).

Что побуждает тебя, о человек, покидать свое жилище в городе, оставлять родных и друзей и уходить в поля через горы и долины, чтó, как не природная красота мира, которой, если хорошенько вдуматься, ты наслаждаешься единственно посредством чувства зрения? (Т. Р., 23).

И если ты скажешь, что зрение мешает сосредоточенному и тонкому духовному познанию, которое открывает доступ к наукам божественным, и что такая помеха привела одного философа к тому, что он лишил себя зрения, на это следует ответ, что глаз, как повелитель чувств, выполняет свой долг, когда создает помеху для путаных и лживых рассуждений — науками их назвать нельзя — в которых споры всегда ведутся с великим криком и размахиванием рук... И если такой философ вырвал себе глаза, чтобы избавиться от помехи в своих рассуждениях, то прими во внимание, что такой поступок был под-

стать его мозгу и его рассуждению, ибо все это было безумием. Разве не мог он зажмурить глаза, когда впадал в такое неистовство, и держать их зажмуренными до тех пор, пока неистовство не истощится само собою? Но безумным был человек, безумным было рассуждение, и величайшей глупостью было вырывать себе глаза (Т. Р., 16).

Разве ты не видишь, что глаз охватывает красоту всего мира? Он является начальником астрономии (astrologia), он создает космографию, именно он дает советы всем человеческим искусствам и исправляет их. Он движет человека в различные части мира, он — государь математических наук, его науки — достовернейшие. Глаз измерил высоту и величину светил, он открыл стихии и их расположение. Он дал возможность прорицать грядущее по течению светил, он породил архитектуру, перспективу и божественную живопись. О превосходнейший из всех вещей, созданных богом! Какие хвалы могут выразить твое благородство? Какие народы, какие языки способны вполне описать твои подлинные действия? Глаз есть окно человеческого тела, чрез которое он глядит на свой путь и наслаждается красотою мира. Благодаря ему душа радуется в своей человеческой темнице, без него эта человеческая темница — пытка. Благодаря ему человеческая изобретательность открыла огонь, посредством которого глаз вновь обретает то, что раньше отнимал у него мрак. Глаз украсил природу возделанными нивами и садами, полными отрады.

Но какая нужда распространяться мне в столь высоком и пространном рассуждении? Что не совершается посредством глаза? Он движет людей с востока на запад, он изобрел мореплавание. И он превзошел природу, ибо простые природные возможности ограничены, а труды, которые глаз предписывает рукам,— бесчисленны, как показывает это живописец, придумывая бесчисленные формы животных и трав, деревьев и пейзажей (Т. Р., 28).

О том, что наука астрономии (astrologia) рождается от глаза[1], ибо благодаря ему

она возникает. Нет ни одной части астрономии, не являющейся делом зрительных линий и перспективы, дочери живописи, так как именно живописец есть тот, кто под влиянием нужд своего искусства произвел ее на свет. И астрономия не может действовать без помощи линий, заключающих в своих пределах все разнообразные фигуры тел, порожденных природой, без каковых фигур искусство геометрии слепо.

Но если геометр сводит любую поверхность, окруженную линиями, к фигуре квадрата, а любое тело — к фигуре куба и если арифметика поступает так же со своими кубичными и квадратными корнями, то эти две науки распространяются лишь на познание непрерывных и дискретных количеств и не вникают в качество, составляющее красоту произведений природы и украшение мира (Т. Р., 17).

О распространении образов

О природе зрения. Я утверждаю, что зрение осуществляется у всех животных посредством света (luce). И если кто-нибудь против этого возразит, сославшись на зрение ночных животных, я скажу, что и оно точно так же подчинено тем же естественным законам. Ведь нетрудно понять, что органы чувств, получая подобия вещей, не посылают во вне никаких сил, а наоборот, посредством воздуха, находящегося между предметом и органом чувств, воспринимают в себя образы вещей, и, благодаря соприкосновению с органом чувств, воздух передает их этому органу. Когда предметы посредством звука или запаха посылают свои духовные потенции[2] к уху или носу, то в этом случае нет необходимости в свете и он здесь не участвует. Формы же предметов посредством своих подобий проникают через воздух только в том случае, если эти предметы светлые. Коль скоро это так, глаз не может получить эти подобия от воздуха, с которым он соприкасается, но который их не имеет [сам по себе].

Если бы ты пожелал повести речь о многих животных, которые выходят на добычу ночью, я скажу тебе, что когда для них недоста-

точно малого света, то природа их глаз довольствуется помощью силы слуха и обоняния, которым мрак не мешает и которые намного совершеннее человеческих. Если ты приглядишься к кошке, прыгающей днем среди множества посуды, то ты увидишь, что эта посуда остается целой; а если сделаешь то же наблюдение ночью, посуды будет побито немало. Ночные птицы летают только тогда, когда светит полная или неполная луна; они вылетают за пищей между закатом солнца и наступлением полной темноты ночи.

Ни одно тело не может быть постигнуто без света (lume) и тени; свет и тень порождаются источником света (luce) (С. А. 90b).

Я утверждаю, что зрительная способность простирается при помощи зрительных лучей вплоть до поверхности непрозрачных тел, а сила этих тел простирается до зрительной способности, причем любое подобное тело заполнит весь находящийся перед ним воздух своим подобием. Каждое тело в отдельности и все вместе взятые делают то же и заполняют воздух не только подобием своей формы, но и подобием своей силы.

Пример. Ты видишь солнце, когда оно находится в середине нашей полусферы, и образы его формы находятся во всех частях, где оно показывается, и ты видишь, что образы его блеска находятся в тех же самых местах. И там же к ним присоединяются подобия, распространяемые силой тепла. Все эти силы, не убывая в своем существе, нисходят от своей причины по лучевым линиям, начинающимся в его теле и заканчивающимся в непрозрачных предметах.

Полярная звезда посредством подобия своей силы непрерывно распространяется и воплощается не только в редких, но и в плотных телах, в прозрачных и непрозрачных, и не уменьшается оттого в своем объеме (figura).

Таким образом опровергаются те математики, которые утверждают, что глаз не имеет духовной способности, распространяющейся во вне. Ведь если бы это было так, говорят они, то это не могло бы происходить без значительного уменьшения зрительной

способности при пользовании ею. И даже если бы глаз был столь же велик, как тело земли, следовало бы, что он истощился бы, глядя на звезды. По этой причине указанные математики утверждают, что глаз только принимает и ничего не посылает во вне из себя.

Пример. А что скажут они о мускусе, который всегда наполняет большое количество воздуха своим запахом, и если даже кто-нибудь унес его на себе на тысячу миль,то все-таки мускус этот наполнит собою, не убывая, всю тысячу миль окружающего воздуха? Что скажут они о гудении колокола, которое порождается от ударов языка этого колокола и которое наполняет ежедневно своим звуком всю окрестность — должно ли оно также изнашивать этот колокол? Наверняка, мне кажется, эти люди... но довольно!

Примеры. Разве не видим мы повседневно у крестьян, что змея, называемая lamia, притягивает к себе соловья, как магнит железо, пристальным своим взглядом, и этот соловей, с жалобным пением, устремляется навстречу своей смерти. Также говорят, что волк имеет способность своим взглядом производить у человека хрипоту. О василиске говорят, что он имеет силу своим взором лишать жизни все живое. Страус, паук, как говорят, высиживают яйца взглядом. Девушки, как говорят, имеют в своих глазах силу притягивать к себе любовь мужчин. Разве не видели рыбаки, что рыба, называемая linno и водящаяся у берегов Сардинии (некоторые называют ее рыбой Св. Ерма), разве не видели, как она ночью освещает своими глазами большое пространство воды, словно двумя свечками, и все рыбы, оказывающиеся в этом сиянии, сразу всплывают на поверхность воды перевернувшиеся и мертвые? (С. А., 270об. с).

Если возьмешь свет и поместишь его в фонарь, который окрашен в зеленый или в другие какие-нибудь прозрачные цвета, ты увидишь на опыте, что все предметы, освещаемые этим светом, будут казаться имеющими цвет фонаря.

Также ты мог видеть, что свет в церквах, который проникает туда сквозь стеклянные окна, кажется имеющим окраску этих оконных стекол.

А если тебе этого недостаточно, посмотри на солнце при его закате, когда сквозь испарения оно кажется красным,— это солнце окрашивает в красный цвет все облака, получающие свет от него.

Мнение [первое]. Все эти примеры приведены для доказательства, что все, или во всяком случае многие, предметы посылают вместе с подобием формы также и образы своих сил, без ущерба для себя; и то же самое может иметь место и в отношении сил глаза.

Противоположное мнение. Тот, кто пожелал бы сказать, что глаз способен лишь получать подобия предметов, так же, как это делает ухо, не посылая навстречу им никакой силы, смог бы доказать это на примере отверстия, сделанного в окне,— оно передает внутрь все подобия тел, противостоящих ему. То же самое, можно было бы сказать, делает и глаз.

Опровержение. Если названное отверстие, не посылая во вне ничего, кроме свой формы, без духовной силы, передает внутрь жилища образы предметов с их цветом и фигурой и там переворачивает их, то же самое должен был бы делать и глаз, так что всякий видимый предмет казался бы перевернутым.

Доказательство противного. Кружок зрачка, видимый в середине глазного белка, имеет способность воспринимать предметы. И этот самый кружок по существу является точкой, кажущейся черною. Это — полый нерв, идущий внутрь к внутренним силам, и он имеет нечто от воспринимающей и от судящей способности, завершающейся в общем чувстве. Так вот, предметы, противостоящие глазам, действуют лучами своих образов наподобие многих стрелков, которые хотят выстрелить из духового ружья в определенное отверстие: из этих стрелков будет более способен попасть стрелой в дно этого отверстия тот, кто окажется на прямой линии, проходящей между отверстием и ружьем. Так же и предметы, противостоящие глазу, будут иметь тем больший доступ к чувству, чем более они окажутся на линии, идущей к полому нерву.

Та вода, которая находится в зрачке, вокруг черного центра глаза, действует так же, как собаки-ищейки на охоте. Они находят зверя, а борзые хватают его. Точно так же и эта вода, — она есть

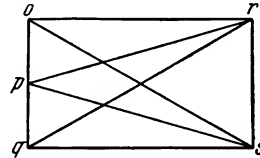
влага, имеющая общее с воспринимающей способностью,— эта вода видит много предметов, но не хватает их; однако тотчас же сюда поворачивается шар, находящийся в середине; он расположен на прямой, идущей к чувству, и он-то и захватывает образы и заточает те из них, которые ему угодно, в темницу памяти (С. А., 270 b).

Невозможно, чтобы глаз посылал от себя посредством зрительных лучей зрительную способность. Ведь при его открывании та первая часть ее, которая давала бы начало исхождению, должна была бы достигать предмета и не могла бы это сделать вне времени. Если это так, она не могла бы дойти за месяц до высоты Солнца, когда глаз пожелал бы его увидеть. А если бы она его достигла, то необходимо было бы, чтобы эта зрительная сила непрерывно простиралась на всем пути от глаза до Солнца, и все время расширялась, образуя в Солнце основание, а в глазу вершину пирамиды. Коль скоро это так, даже если бы глаз состоял из миллиона миров, он весь должен был бы исчерпаться в указанной способности. А если бы эта способность распространялась в воздухе, как это деласт запах, ветры ее искривляли бы и уносили в другое место. Между тем мы видим тело Солнца с тою же быстротой, с какой видим и расстояние в локоть, и зрительная способность не меняется ни от дуновения ветров, ни от какого другого привходящего обстоятельства (B. N. 2038, 1).

Доказательство того, что предметы доходят до глаза. Глядя на солнце или другой светящийся предмет, а потом закрывая глаза, ты будешь видеть его вновь таким же внутри глаза на протяжении долгого промежутка времени. Это знак, что образы проникают внутрь (С. А., 204 а).

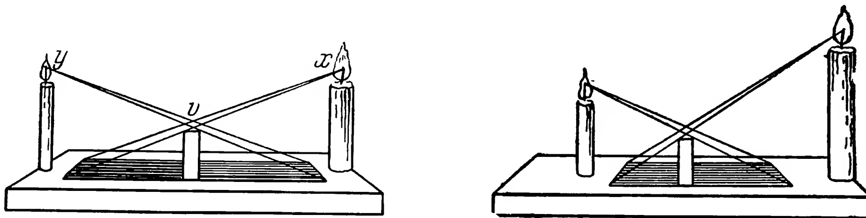
Каждое тело наполняет окружающий воздух своими подобиями,— подобиями, которые все во всем и все в каждой части. Воздух полон бесчисленных прямых и светящихся линий, которые пересекают друг друга и переплетаются друг с другом, не вытесняя друг друга; они представляют каждому предмету истинную форму своей причины (А, 2об.).

Исходное начало науки живописи. У плоской поверхности все ее подобие — на всей другой плоской поверхности, ей противостоящей. Доказательство: пусть *rs* будет первой плоской поверхностью и *oq* — второй плоской поверхностью, расположенной против первой. Я говорю, что эта первая поверхность *rs* вся находится на поверхности *oq* и вся в *q* и вся в *p*, так как *rs* является основанием и угла *o*, и угла *p*, и также всех бесчисленных углов, образованных на *oq* (Т. Р., 4).



Подобие и субстанция предмета с каждой ступенью расстояния теряет ступень силы, т. е. чем более вещь удалена от глаза, тем менее будет она проницать воздух своим подобием (Т. Р., 526 а).

Если источник света *xv* находится на том же расстоянии, что и источник света *vy*, различие между тем и другим светом будет такое же, как и между величиною их источников.

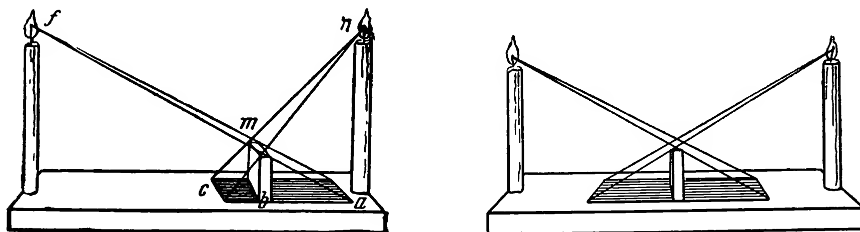


Но если большой источник света удален от источника тени, а малый находится по соседству, то бесспорно, что тени смогут сравняться по темноте или светлости.

Если между двумя источниками света будет помещен на равном расстоянии источник тени, то он даст две противолежащие тени, которые по своей темноте будут между собою различаться настолько, насколько различны силы противолежащих источников света, эти тени порождающих.

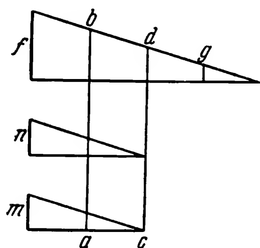
Отношение темноты тени *ab* к тени *bc* будет такое же, как и отношение расстояний источников света между собою, т. е. *nm* к *mf*.

Место *ab*, находясь ближе к источнику света *n*, чем *bc* к источнику света *f*, будет тем светлее, чем ближе *ab* к своему источнику света по сравнению с *f*, при предположении, что источники света равной силы.



Тот источник тени отбросит две производные тени равной темноты, у которого будут два источника света равной величины, удаленные от него на одинаковое расстояние (C, 22).

О пропадании голоса по причине расстояния. На расстоянии *ab* два голоса *m* и *n* ослабевают вдвое, и хотя бы их было два половинных голоса, они не равно сильны одному целому, а только половинному. И даже если бы взять бесконечное их число, то на таком расстоянии они значат столько же, сколько один половинный. Но на том же расстоянии голос *f*, вдвое больший, чем *n* и *m*, потерял $^1/_4$ своей силы, почему оказывается равносильным $1^1/_2$ голосам *n* и *m*, т. е. превосходит втрое эти голоса [уменьшившиеся вдвое на расстоянии *ab*]. Это значит, что в *g* голос *f* будет иметь ту же силу, что *m* и *n* на расстоянии *ab* (L, 79об.).



О природе тепла. Если основание в 4 локтя посылает свою силу, то при величине в 1 локоть теплота этого основания возрастает до 16, а если основание сокращается до $^1/_4$ локтя, то сила

приобретает 64 единицы (gradi) по сравнению с первоначальным основанием и такое сокращение оснований и возрастание силы показаны здесь ниже:

4
16
64
256
1 024
4 096
16 384
65 536
262 144
1 048 576
4 194 304

Чем больше уменьшается основание, тем больше растет сила пирамиды, и, наоборот, возрастая, основание уменьшает силу этой пирамиды и т. д.

Если основание с поперечником в 4 локтя ты сведешь до размеров зерна вики, то получишь силу в 4 194 304; и, наоборот, при постоянном учетверении растет основание и убывает сила (G, 85).

О силе. Одна и та же способность имеет тем больше силы, чем меньший занимает объем. Это относится и к теплоте, и к удару, и к тяжести, и к силе, и ко многому другому. Но сначала мы скажем о теплоте солнца, которая запечатлевается в вогнутом зеркале и отражается от него в виде пирамидальной фигуры. Такая пирамида, чем более суживается, тем более в соответствующей пропорции приобретает силы, т. е. если пирамида ударяется о предмет половиной своей длины, она сокращает половину своей ширины в основании, а если ударяется на $^{99}/_{100}$ своей длины, то сокращает на $^{99}/_{100}$ свое основание, увеличивая на $^{99}/_{100}$ теплоту, которую получает это основание (т. е. теплоту солнца или огня).

Точно так же удар пирамидального железа проникает тем больше в проницаемый предмет своим острием, чем более это острие узко.

Точно так же тяжелое тело, сократившееся в объеме, имеет больший вес, ибо меньшее количество воздуха ему сопротивляется. О движении и силе мы скажем в другом месте.

Равным образом другие вещи, как-то: сладкое, горькое, терпкое, кислое, быть может, действуют указанным выше образом. И примером служит то, что когда что-либо из указанного увеличивается в объеме, смешиваясь со снегом или водой, не отнимающими и не прибавляющими вкуса, целое лишается своей силы (G, 89об.)

Много маленьких шумов, соединенных вместе, ощущаются на более далеком расстоянии, чем порознь.

О силах. Много маленьких сил, соединенных вместе, создают больший импульс, чем порознь. В самом деле, если ты сопоставишь импульс, производимый цельной силой, с импульсом, производимым отдельными частями разделенной и разъединенной силы, ты найдешь, что мощность импульса больше у цельной силы, чем у разъединенной...

Об источниках света. Много мелких светлых тел, соединенных вместе, будут каждое само по себе иметь бо́льшую силу, нежели та сила, которую они имели, находясь порознь. Подтверждение этому ты увидишь, поставив много источников света по одной прямой линии и встав на определенном расстоянии против середины этой линии,— примечая качество света, производимого этими источниками. Потом соедини их вместе и увидишь, что место, где ты стоишь, стало более светлым, чем прежде. Кроме того, мы убедились бы, что свет звезд равен по силе свету Луны, если бы возможно было соединить свет всех их, образовав тело, гораздо более крупное, чем тело Луны; тем не менее, хотя погода и ясная и все они светят, если нет Луны в нашем полушарии, наша часть мира остается темной (А., 3об.).

О голосе. Произведут ли многие маленькие голоса, соединенные вместе, общий большой шум? Я утверждаю, что нет. В самом

деле, если бы ты взял 10 000 голосов мошек, соединенных вместе, их нельзя будет слышать на таком большом расстоянии, как голос одного человека, хотя при разделении такого голоса на 10 000 частей ни одна часть не окажется равной силе голоса одной мошки (А, 23).

Если звук колокола слышится на расстоянии 2 миль, а затем этот колокол разбить и переделать во много мелких колокольчиков, то, конечно, даже если бы звонить во все сразу, их никогда нельзя будет услышать на таком же расстоянии, на каком они были слышны, когда являлись одним единственным колоколом (Forst. II, 32об.).

О голосе. Если увеличить один инструмент вдвое по сравнению с другим, возрастет ли величина голоса вдвое?

О голосе. Будет ли голос вдвое больший, чем другой, слышен на вдвое большем расстоянии? Я говорю, что нет, ибо если бы это было так, то два человека, крича, были бы слышимы на вдвое большем расстоянии, чем один. Между тем опыт это не подтверждает (А, 43).

Если сделаешь два колокола тех же пропорций, но один вдвое больше другого, при одном и том же весе, то больший будет издавать звук вдвое более низкий (Forst. III, 5).

Как брошенный в воду камень становится центром и причиною различных кругов, так же кругами распространяется и звук, порожденный в воздухе, так же и всякое помещенное в светлом воздухе тело распространяется кругами и наполняет окружающие части бесчисленными своими образами и все является во всем и все в каждой части (А, 9об.).

Вода, ударяемая водою, образует вкруг места удара круги; звук — на далекое расстояние в воздухе; еще больше — огонь; еще дальше — ум в пределах вселенной; однако, поскольку он ограничен, он простирается не в бесконечность (Н, 67).

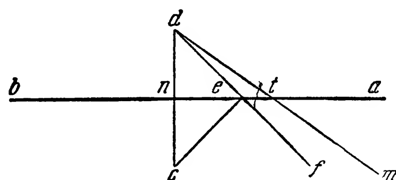
Об отражениях. Отражения производятся телами светлого качества с гладкими полуплотными поверхностями; если на них падает свет, они отбрасывают его, наподобие отскакивающего мяча, обратно на первый предмет (B. N. 2038, 14об.).

Об отраженных движениях. Я хочу определить, почему телесные и духовные движения после удара, производимого ими о предмет, отскакивают назад под равными углами.

О телесных движениях. Я говорю, что голос эхо отражается ударом к уху так, как к глазу отражаются удары, производимые о зеркала образами предметов. Так же, как подобия падают от вещей на зеркало и от зеркала к глазу под равными углами, так под равными же углами упадет и отразится в углублении голос после первого удара к уху (С, 16).

Воды, ударяющиеся о берега рек, ведут себя подобно мячам, ударяющимся о стены,— отскакивающим от них под углами, равными углам падения, и ударяющимся о противоположные поверхности стен (А, 63об.).

Звук голоса, ударяющийся о предмет, вернется к уху по линии, имеющей наклон, равный наклону линии падения, т. е. линии, которая передает звук от точки его зарождения к тому месту, где звук этот получает способность возникнуть снова [где он улавливается]. И делает это звук наподобие видимого в зеркале предмета, который весь на всем зеркале и весь на каждой части. То есть мы скажем: пусть *ab* — зеркало,

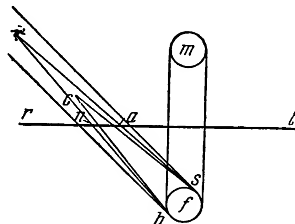


а отражающийся предмет находится в *c*. Как *c* видит все части зеркала, так все части зеркала видят *c*. Следовательно, *c* все во всем зеркале, ибо оно находится во всех его частях, и все в каждой его части, поскольку видит себя во стольких различ-

ных частях, сколько существует различных положений зрителей. Иными словами, если предмет *c* находится в *n*, то он предстает настолько же вглубь, насколько он находится снаружи. Итак, *c* будет видимо в *d*. И тот, кто будет в *f*, видя предмет в *d*, видит его по прямой линии, следовательно, предмет *d* на поверхности зеркала находится в *e*. Тот, кто окажется в *m*, увидит предмет *d* в *t*. Возьмем пример солнца: если ты ходишь по берегу реки, тебе будет казаться, что солнце ходит с тобою, и это потому, что солнце все во всем и все в каждой части (А, 19об.).

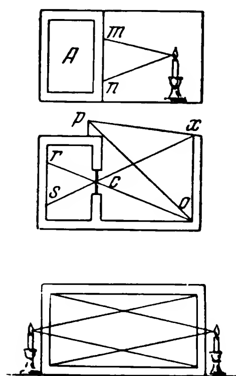
О солнце, отражающемся на воде. Если солнце видимо всеми морями, на которых день, все эти моря в свою очередь видимы солнцем. Следовательно, вся освещенная вода превращается для солнца в подобие зеркала, и оно кажется для глаза находящимся все в каждой его части. Итак, я спрашиваю, по какой причине, когда плывет корабль, глаз видит солнце и не видит все море светлым и не всегда кажется, что солнце движется по тому же направлению, что и корабль?

Объяснение. Солнце образует столько пирамид, сколько существует отверстий и отдушин, по которым оно может проникнуть своими лучами, и сколько существует глаз живых существ, которые на него смотрят. Следовательно, поскольку солнце оказывается всегда основанием каждой из пирамид, оно, отражаясь в воде, кажется глазу находящимся под этою водою настолько, насколько оно находится вне ее; и это отраженное солнце становится основанием пирамиды, кончающейся в глазу. И это отраженное солнце будет казаться тем бо́льшим, чем бо́льшим является сечение пирамиды, пересекаемой поверхностью воды в *an*. Пусть *tn* — вода, *m* — солнце, *f* — солнце, отраженное в воде; *shc* — пирамида отражающегося солнца, *an* — вышеназванное сечение пирамиды (С, 17об.).



Доказательство того, как все предметы, занимающие определенное положение, находятся все во всем и все в любой части. Я говорю, что если напротив фасада здания, площади или открытой местности, освещенной солнцем, окажется помещение, и с той стороны, которая не видит солнца, будет сделано маленькое круглое отверстие, все освещенные предметы станут посылать свои подобия через названное отверстие и появятся внутри помещения, на противоположной стене. Эта стена должна быть белой. Они появятся в точности, но в перевернутом виде; и если бы ты сделал такие же отверстия во многих местах названной стены, эффект был бы такой же от каждого.

Следовательно, образы освещенных предметов — все на всей стене и все на любой мельчайшей части ее. Причина такова: мы хорошо знаем, что подобное отверстие должно пропускать некоторое количество света в названное помещение, и свет, который его освещает, причиняется одним или многими светлыми телами. Если эти тела имеют разные цвета и качества, то и лучи образов будут иметь разные цвета и качества; и разных цветов и качеств будут также изображения на стене (С. А., 135об. а).

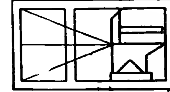


Каким образом линии или световые лучи проходят лишь сквозь прозрачные тела.

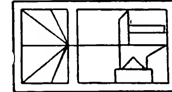
Каким образом основание *xo*, освещенное из точки *p*, порождает пирамиду, кончающуюся в точке *c*, и как они оказываются причиной другого основания в *rs*, которое получает в перевернутом виде то, что находится в *xo*.

Каким образом точка является причиной основания, — поставь цветное стекло перед каждым источником света, и ты увидишь, что основание окрашивается в его цвет.

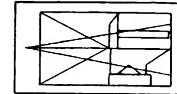
Каким образом линии удара проходят сквозь всякую стену.



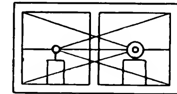
Каким образом при наличии отверстия порождаются многочисленные линии, каждая из которых является более слабой, нежели первая.



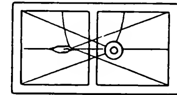
Голос эхо.



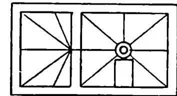
Каким образом линии магнита и линии железа проходят сквозь стену, но более легкое тело притягивается более тяжелым.



Будучи равного веса, магнит и железо притягивают друг друга одинаково.



Запах производит то же самое, что удар (С. А., 126 а).

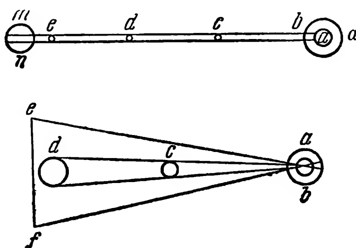


О линейной перспективе

Перспектива есть доказательное рассуждение, посредством которого опыт подтверждает, что все вещи посылают свои подобия глазу по пирамидальным линиям.

Под пирамидальными линиями я понимаю такие, которые начинаются от краев поверхности тел и, сходясь с известного расстояния, встречаются в одной единственной точке. Эта точка, как я покажу, находится в данном случае в глазу, универсальном судье всех тел. Точкой я называю то, что не может быть разделено ни на

какую часть. Следовательно, если эта находящаяся в глазу точка неделима, то глазу будет видимо только такое тело, которое больше этой точки. Если это так, то по необходимости линии, идущие от тела к точке, должны быть пирамидальными. И если бы кто-нибудь пожелал доказать, что зрительная способность не заключена в одной точке, а в том черном пятне, которое находится посреди зрачка, на это можно было бы ответить: маленький предмет никогда не мог бы при таком условии уменьшаться ни на каком расстоянии; так было бы с зерном пшена или черного проса и т. п. Предмет, больший такого пятна, никогда не мог бы быть видим полностью, как явствует из приводимого ниже доказательства. Пусть *a* — зрительная способность, *be* — путь линий, сходящихся к глазу, *e* и *d* — зерна проса в пределах указанных линий. Ты видишь из этого, что расстояние никогда не уменьшается, а потому тело *mn* не сможет быть целиком охвачено этими точками. Следовательно, необходимо признать, что глаз заключает в себе одну единственную точку, в которой сходятся все ребра пирамиды, выходящие из тел, как явствует из приводимого чертежа: *ab* — глаз; центр его занимает вышеуказанная точка; если линия *ef* должна в качестве подобия проникнуть сквозь столь малое отверстие глаза, нужно признать, что малая вещь не может пройти сквозь еще меньшую, если она не уменьшится, а для уменьшения она должна будет принять пирамидальную форму (A, 10).



Стеклянная стена. (pariete). Перспектива есть не что иное, как видение места чрез плоское и вполне прозрачное стекло, на поверхности которого должны быть изображены все вещи, находящиеся за этим стеклом. Они могут быть обозначены посредством пирамид, сходящихся к точке глаза, и эти пирамиды рассекаются на указанном стекле (A, 1об.).

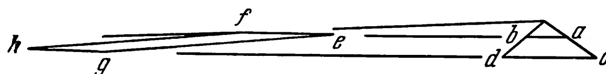
Перспектива. Pariete — это отвесная линия, которая обозначается перед той общей точкой, где встречаются сходящиеся линии пирамид. И эта pariete играет по отношению к названной точке ту же самую роль, какую играло бы плоское стекло, глядя сквозь которое, рисовали бы на нем разнообразные вещи. Нарисованные вещи были бы настолько меньшими, чем исходные, насколько пространство между стеклом и глазом меньше того пространства, которое находится между стеклом и вещью.

Перспектива. Схождение пирамид, порожденных телами, покажет на pariete разнообразие величины и расстояния их причин (А, 10об.).

Простая перспектива. Простая перспектива это та, которая строится при помощи искусства на поверхности, одинаково отстоящей от глаза во всех своих частях. Перспектива сложная — та, которая строится на поверхности, ни одна часть которой не отстоит на одинаковое расстояние от глаза (G, 13об.).

О перспективе естественной в сочетании с перспективой случайной (accidentale). Это доказательство проводит различие между перспективой естественной и случайной. Но, прежде чем пойти дальше, я определю, что такое перспектива естественная и что такое перспектива случайная. Перспектива естественная утверждает: из предметов равной величины более удаленный кажется меньшим, и наоборот, более близкий кажется бо́льшим, причем пропорция уменьшений такова же, какова и пропорция расстояний. Наоборот, перспектива случайная полагает предметы неравными на разных расстояниях, помещая меньший ближе к глазу, нежели больший,— на таком расстоянии, что этот больший кажется меньшим, чем все прочие. Причиной тому является стена, на которой такое изображение помещено, ибо расстояние этой стены от глаза не одинаково в каждой части ее длины. Такое сокращение стены — естественное, однако перспектива, на ней изображенная,— случайная, ибо ни в одной своей части она

не находится в согласии с действительным сокращением этой стены. Вот почему получается, что, когда глаз, видящий эту перспективу, удаляется на некоторое расстояние, всякий изображенный предмет предстает в чудовищном виде, чего не бывает в случае перспективы естественной, определенной выше, и т. д.



Итак, мы скажем, что квадрат *abcd*, изображенный здесь, есть квадрат в ракурсе, видимый глазом, который находится против середины ширины его поверхности. Что касается перспективы случайной в сочетании ее с естественной, то ее мы найдем в квадрате, называемом el main т. е. в квадрате *efgh*. Последний будет казаться для видящего его глаза таким же, как квадрат *abcd*, если глаз этот останется неподвижным в прежнем своем положении между *c* и *d*. И это окажется производящим хорошее впечатление, ибо естественная перспектива стены приведет к тому, что стена эта скроет недостаток искажения (B. M., 62).

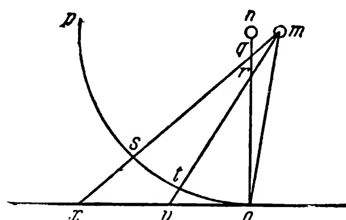
О способе правильно изображать местность. Достань стекло величиною в $^1/_2$ королевского листа бумаги и укрепи его хорошенько перед твоими глазами, т. е. между глазом и предметом, который ты хочешь изобразить. Затем расположи твой глаз на $^2/_3$ локтя от названного стекла и укрепи голову при помощи приспособления так, чтобы ею вовсе нельзя было двигать. Потом закрой или чем-нибудь заслони один глаз и кистью или размягченным карандашом нарисуй на стекле то, что видно по ту сторону его. Потом перенеси на бумагу со стекла и растушуй на хорошей бумаге или раскрась, если тебе угодно, применив затем надлежащим образом воздушную перспективу (B. N. 2038, 24; T. P., 87).

Научиться хорошо располагать фигуры. Если ты хочешь приобрести хорошие навыки в правильном и надле-

жащем расположении фигур, сделай квадрат или раму, внутри разделенную на квадратики посредством нитей, и помести между твоим глазом и обнаженной фигурой, которую ты изображаешь. Такие же квадратики ты сделаешь на бумаге, на которой ты хочешь тонко нарисовать указанную фигуру. Затем помести восковой шарик на одной из частей сетки,— он послужит для тебя ориентиром, который при смотрении на обнаженное тело будет приходиться против кадыка или, если оно повернуто спиной, против одного из позвонков шеи. Эти нити научат тебя о положении всех частей тела, где при данной позе они находятся: около кадыка, около углов плеч, около сосков, бедер и других частей тела. А поперечные линии сетки показывают тебе, насколько выше нужно поместить одну голень по сравнению с другой, и точно так же бедра, колени и стопы. Но всегда укрепляй сетку по отвесной линии, чтобы все части, которые, как ты видишь, обнаженная фигура занимает на сетке, занимала и нарисованная тобою фигура на сетке нарисованной. Нарисованные квадраты должны быть меньше квадратов сетки во столько раз, во сколько раз меньше ты хочешь сделать свою фигуру по сравнению с натуральной. Далее помни при рисовании, что правило сокращения членов ты установишь по тому, что тебе показывает сетка, которая должна иметь в высоту $3^1/_2$ локтя, в ширину — 3, быть удалена от тебя на 7 локтей и стоять около обнаженной фигуры на расстоянии 1 локтя (B. N. 2038, 24; T. P., 94).

Простой и естественный способ, показывающий, каким образом предметы без всякого другого посредства предстают глазу. Тот предмет, который ближе к глазу, всегда предстает бо́льшим, нежели другой того же качества, но более отдаленный. Глаз *m*, который видит промежутки между *o*, *v*, *x*, почти не распознает разницы между обоими. Это происходит оттого, что он находится вблизи от них. Если ты отложишь проекцию этих промежутков на картинной плоскости (pariete) *no*, то промежуток *ov* окажется на ней в *or*,

а промежуток *vx* в *rq*. И если ты сделаешь так в месте, где можно обходить кругом, вещь тебе покажется непропорциональной, по причине великого различия между промежутками *or* и *rq*. Происходит это оттого, что чем ближе глаз находится к картинной плоскости, тем большее сокращение она производит. Вот почему, если бы ты пожелал применить подобную перспективу, надлежало бы смотреть на нее через единственное отверстие, расположенное в точке *m*, или же чтобы она находилась по меньшей мере на расстоянии, в три раза превышающем величину видимого предмета. Поверхность *op*, находясь везде на одинаковом расстоянии от глаза, передаст предметы правильно, и они смогут быть видимы из разных мест, от одного к другому (A, 38).



П е р с п е к т и в а. Маленькая вещь вблизи и большая издали, будучи видимы под одинаковыми углами, покажутся одинаковой величины.

П е р с п е к т и в а. Почему предметы кажутся глазу издали большими и их изображение на картинной плоскости (pariete) являет их малыми? (A. 8об.).

Блоха и человек могут достигнуть глаза и войти в него под равными углами, но от этого суждение не ошибается, хотя человек кажется не больше блохи. Спрашивается причина (С. А., 190об. b).

Различия в уменьшении, которые претерпевают равные предметы при удалении на разные расстояния, относятся друг к другу так же, как промежутки между глазом и предметами.

Определи, насколько человек уменьшается в размерах на расстоянии, равном его росту, а затем — на расстоянии удвоенного и утроенного роста, и так установи общее правило (С. А., 132об. b)

Об уменьшении предметов на разных расстояниях. Второй предмет, удаленный от первого на такое же расстояние, на которое первый удален от глаза, будет казаться вдвое меньше, чем первый, хотя оба они одинаковой величины.

О ступенях уменьшения. Если ты поместишь плоскость картины (pariete) на расстоянии локтя, то первый предмет, удаленный от твоего глаза на 4 локтя, потеряет $^3/_4$ своей высоты на данной плоскости; а если предмет будет удален от глаза на 8 локтей, то уменьшит ее на $^7/_8$; если же он удален на 16 локтей, то на $^{15}/_{16}$ уменьшит свою высоту. И так будет постепенно продолжаться и далее: при удвоении проходимого расстояния удвоится и уменьшение (А, 8об.).

Я даю предметам, противостоящим глазу, ступени, подобно музыканту, который дает ступени звукам, воздействующим на ухо. Хотя предметы, противостоящие глазу, соприкасаются один с другим, постепенно удаляясь, тем не менее мое правило я составлю от 20 к 20 локтям, как сделал это музыкант в отношении звуков. Хотя эти звуки соединяются и смыкаются друг с другом, тем не менее он установил немногие ступени от звука к звуку, назвав их первой, второй, третьей, четвертой и пятой, и так от ступени к ступени дал названия для разнообразных градаций в повышении и понижении голоса (В. N. 2038, 23; ср. Т. Р., 31).

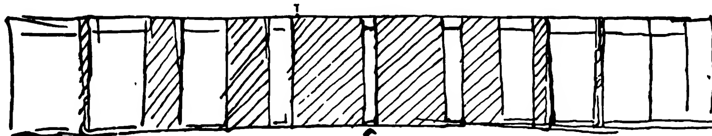
Тот предмет, изображенный в перспективе, будет производить лучшее впечатление, который видим с того места, с которого сделано изображение. Если ты пожелаешь изобразить близкий предмет так, чтобы он производил впечатление натурального, то это невозможно сделать без того, чтобы твое перспективное изображение не казалось фальшивым, со всеми ложными обличиями и дисгармоничными пропорциями, какие только можно вообразить в плохом произведении, разве только зритель не встанет на том же самом расстоянии, держа глаз на той же самой высоте

и в том же направлении, на каком ты держал свой глаз, рисуя свою перспективу. Вот почему пришлось бы сделать окошко, величиною в твое лицо, или же отверстие, сквозь которое ты смотрел бы на свое произведение.

И если ты будешь делать так, нет сомнения, что ни одно твое произведение, в котором даже будут хорошо наложены свет и тени, не произведет того же впечатления, что и натура, и ты не сможешь уверить, что изображенные тобою предметы написаны с другой точки зрения. Ты избежишь этого, делая свою картину с расстояния по меньшей мере в 20 раз большего, нежели ширина и высота изображаемого тобою предмета, тогда это удовлетворит любого зрителя, в какой бы точке он ни встал против твоего произведения.

Если хочешь быстро в этом убедиться, возьми кусок дерева в виде маленькой колонки, высотою в 8 своих диаметров, т. е. такой высоты, какую имеет колонна без базы и капители. Затем разметь на ровной стене 40 равных интервалов, соответственно интервалам между 40 [подлежащими изображению] колонками, — такими же, как твоя маленькая колонка. Против середины этих интервалов, на расстоянии 4 локтей от стены, нужно затем укрепить тонкую железную полоску с маленьким круглым отверстием посредине, величиною в крупную жемчужину; к этому отверстию приставь свечу, а затем помещай твою колонку против каждой отметки на стене, размечая тени по ее тени, и смотри через названное отверстие в железной полоске (А, 40об.).

Уменьшенный предмет должен быть рассматриваем с того же расстояния, высоты и направления, в котором ты помещал точку своего глаза, иначе постижение его не даст правильного эффекта.



И если ты не хочешь или не можешь применить этот принцип, считаясь со стеной, на которой ты пишешь свою картину и которая

должна быть видима разными лицами, тебе понадобились бы разные точки, а это привело бы к несогласованности и к искажению предмета. Встань на расстоянии, по меньшей мере в 10 раз большем, чем величина предмета.

Наименьшая ошибка, которую ты можешь совершить в данном случае, это изобразить все предметы первого плана в их собственном виде, и где бы ты ни помещал видимые предметы, они сами будут уменьшаться, только промежутки между телами не будут иметь постоянного соотношения. В самом деле: если ты встанешь против середины вертикальной плоскости и будешь смотреть на много колонн, расположенных на одной линии, то увидишь, что за пределами немногих колонн, имеющих интервалы, эти колонны соприкасаются, а потом, после соприкосновения, заслоняют одна другую так, что последняя едва выглядывает из-за предпоследней; следовательно, интервалы, находящиеся между колоннами, совершенно пропадают. И если твой перспективный прием хорош, то он произведет тот же самый эффект при условии, что ты стоишь около линии, на которой размещаются колонны. Но этот прием неудовлетворительный, если только не смотреть сквозь маленькое отверстие, в середине которого находится точка твоего глаза. Если ты сделаешь так, произведение твое будет совершенным и обманет зрителей, которые увидят изображение колонны, как это показано здесь.

В данном случае глаз находится в середине, в точке *a* и помещается вблизи колонн (A, 41).

Если ты не можешь сделать так, чтобы люди, смотрящие на твое произведение, находились в одной точке, отойди назад, работая над ним, чтобы глаз твой оказался на расстоянии, по меньшей мере в 20 раз превышающем высоту или ширину твоего произведения. При перемещении глаза зрителя это будет производить столь малые различия, что они окажутся едва уловимыми, и так получится отлично.

Если точка [глаза] будет находиться в *t*, то ты расположишь изображения по кругу *dbe* и сделаешь их одинаковой величины, ибо каждое из них стоит в одинаковом отношении к точке *t*. Вдумайся

во второй чертеж, и ты увидишь, что это не так, и поймешь, почему я буду их делать меньшими в *b*, чем в *d* и в *e*.

Нетрудно понять, что при размещении двух равных друг другу предметов тот, который расположен на третьем локте, покажется меньшим, чем тот, который находится на втором. Это соображение



скорее теоретическое, чем практическое, ибо предполагает, что ты находишься вблизи.

Все предметы первого плана, будь они большие или малые, делай их в собственном виде; если будешь их видеть издалека, они сами предстанут в должном виде, а если будешь их видеть вблизи, сами уменьшатся [насколько нужно].

Позаботься, чтобы твоя картинная плоскость, на которой ты уменьшаешь видимые предметы, всегда имела ту же форму, что и стена, на которой тебе предстоит исполнить то же самое произведение (A, 41об.).

Перспектива. Возможно сделать так, что глаз не будет видеть удаленные предметы сильно уменьшенными, как это бывает в естественной перспективе, где уменьшение происходит благодаря кривизне глаза, который вынужден пересекать пирамиды любых достигающих его образов под прямыми сферическими углами. Однако то искусство, которому я учу здесь на полях, пересекает эти пирамиды под прямыми углами около поверхности зрачка.

Выпуклый зрачок глаза принимает на свою поверхность всю нашу полусферу и он явит только одну звезду; там, где много мелких звезд посредством своих подобий достигают поверхности зрачка, там эти звезды очень малы, и на поверхности покажется только одна звезда, зато крупная. Точно так же луна покажется более крупной величины, а ее пятна — более отчетливых очертаний.

Для этого нашего глаза нужно сделать стекло, наполненное той водой, о которой упоминается в 4-м [положении] 113-й книги «О вещах природы»; эта вода заставляет казаться вне стекла те вещи, которые заключены в стеклянных хрустальных шарах.

О глазе. Из тел меньших, чем зрачок глаза, то будет менее отчетливо для зрачка, которое ближе к нему. И посредством этого опыта мы удостоверяемся, что зрительная способность не сводится к точке, ибо если и т. д.

Прочитай на полях[3].

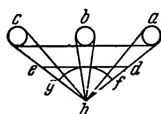
Тот предмет кажется бо́льшим, который достигает глаза под бо́льшим углом. Образы предметов, стекающиеся к зрачку глаза, распределяются на этом зрачке совершенно так же, как они распределяются в воздухе. Доказательством этого служит тот случай, когда мы смотрим на звездное небо, не направляя взора на одну звезду больше, чем на другую,— тогда небо предстает перед нами усеянное звездами, и их пропорции в глазу те же, что и на небе, равно как и промежутки между ними (Е, 15об.).

Из равных предметов более далекий кажется меньшим. Практика перспективы делится на 〈...〉 частей, из которых первая изображает все предметы, видимые глазом на каком-либо расстоянии, и показывает все эти предметы уменьшенными так, как их видит глаз, причем человек не обязан находиться в одном положении более, чем в другом, лишь бы картинная плоскость (il muro) не сокращала предмет вторично.

Вторая практика есть сочетание частью искусственной, частью естественной перспективы, и произведение, созданное на основе ее правил, не имеет ни одной части, которая не была бы сочетанием естественной и искусственной перспективы.

Под естественной перспективой я понимаю случай, когда плоская поверхность (la pariete piana), на которой картина изображается, вынуждена сокращать удаленные части более, нежели части на первом плане, хотя длины и высоты такой поверхности параллельны. Это доказывается первым положением, приведенным выше. Подобное

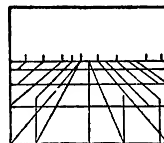
сокращение естественное. Перспектива искусственная, т. е. та, которая создается искусством, поступает обратно, ибо на плоскости картины сокращение равных друг другу тел возрастает тем более, чем более глаз находится в естественном положении и чем он ближе к этой картинной плоскости и чем дальше от глаза находится та часть ее, на которой помещается изображение предмета.

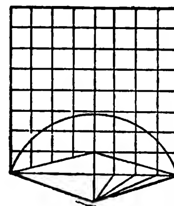


Пусть такая картинная плоскость будет *de* и на ней изображаются три равных друг другу круга, находящихся за этой плоскостью *de*, а именно круги *a*, *b* и *c*. Теперь ты видишь, что глаз *h* видит на плоской поверхности сечения образов более крупными на бо́льших расстояниях и менее крупными на меньших (E, 16об.).

Здесь — продолжение того, что сказано на полях внизу, на обороте этого листа [т. е. д предыдущем отрывке].

Природа в своей перспективе производит обратное, а именно: на бо́льших расстояниях видимый предмет кажется меньшим, а на меньшем расстоянии он кажется бо́льшим. Однако такое изобретение (т. е. смешанная перспектива) вынуждает зрителя помещать свой глаз против небольшого отверстия, и тогда через такое отверстие изображение предстанет правильно. И хотя многие глаза добиваются видеть одновременно одно и то же произведение, выполненное посредством такого искусства, только один из них видит хорошо действие этой перспективы, а все прочие видят его смутно. Вот почему следует избегать такой смешанной перспективы и держаться простой, которая не хочет видеть картинную плоскость с ракурсами, но в наивозможно более свойственной ей форме. И пример простой перспективы, где поверхность пересекает пирамиды — носительницы образов — всюду на одинаковом расстоянии от зрительной

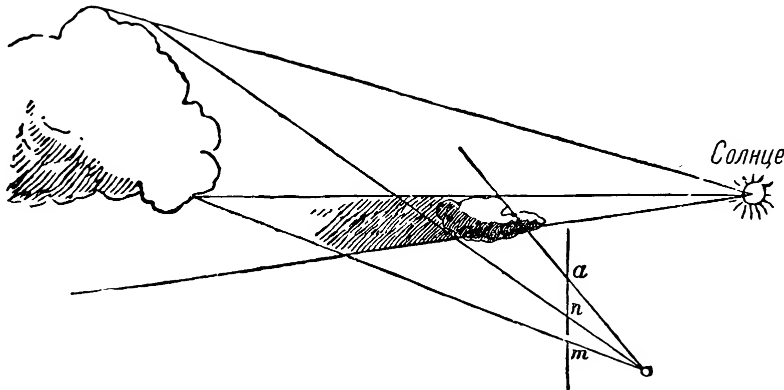




способности, дает нам кривая поверхность роговой оболочки (lucie) глаза, где такие пирамиды рассекаются на одинаковом расстоянии от зрительной способности и т. д. (E, 16).

Посредством линейной перспективы глаз без собственного движения никогда не сможет распознать расстояния до того объекта, который находится между ним и другим предметом. Он сможет это сделать разве только посредством перспективы цветов (Т. Р., 517).

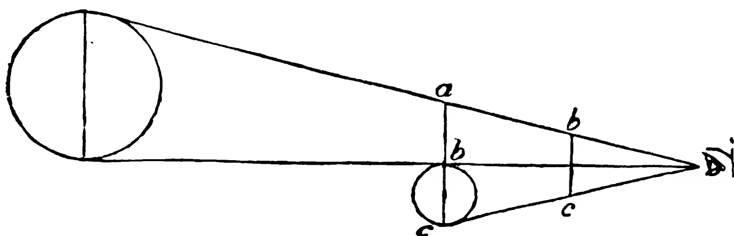
Из предметов, находящихся на одной высоте, тот, который отстоит дальше от глаза, покажется более низким. Ты видишь, что первое



облако, хотя оно и ниже второго, все же кажется выше его, как это явствует на картинной плоскости из сечения пирамиды первого, низкого облака в *na* и второго, более высокого, в *mn*, ниже *an*. Это бывает тогда, когда тебе кажется, что темное облако находится выше, чем облако, освещенное лучами солнца на востоке или западе (Т. Р., 480).

П р а в и л о. Почему нарисованный предмет, даже если он доходит до глаза под таким же углом, как и предмет более от него удаленный, не кажется удаленным настолько же, насколько кажется предмет при естественном своем удалении? Скажем, я рисую на плоскости

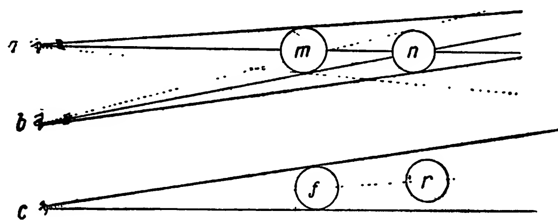
картины *bc* предмет, который должен казаться удаленным на милю, а потом рядом с ней ставлю такой предмет, который действительно



удален на милю; оба эти предмета сопоставлены так, что плоскость *ac* дает одинаковые сечения пирамид. И тем не менее никогда при зрении двумя глазами они не будут казаться одинаково удаленными (Т. Р., 481).

О бинокулярном зрении и восприятии формы и рельефа

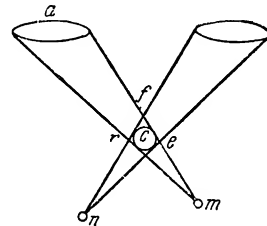
Почему картина никогда не может казаться столь же отделяющейся, как природные



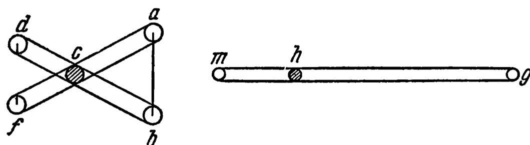
вещи? Живописцы часто приходят в отчаяние от своего подражания природе, видя, что их картины не имеют той рельефности и той живости, которую имеют предметы, видимые в зеркале. Они ссылаются на то, что имеют краски, которые по своей светлоте и темноте

значительно превосходят качество света и теней у предмета, видимого в зеркале, обвиняя в этом случае свое неуменье, а не причину, ибо ее они не знают. Невозможно, чтобы написанный предмет представлялся столь же рельефным, сколь и предмет в зеркале, хотя тот и другой одинаково находятся на одной лишь поверхности. Исключение составляет случай, когда предмет видим одним глазом. Причина такова: два глаза видят один предмет, находящийся за другим; так *a* и *b* видят *n* и *m*. Предмет *m* не может целиком заслонить *n*, ибо основание зрительных линий настолько широко, что видит второе тело за первым. Но если ты закроешь один глаз, а вторым пусть будет *c*, тогда тело *f* заслонит *r*, ибо зрительная линия выходит из одной точки, упираясь в первое тело, почему второе тело равной с ним величины никак не сможет быть видимо (B. N. 2038, 10; T. P., 118).

Почему картина, видимая двумя глазами, не показывает такого рельефа, как рельеф, видимый двумя глазами? Это происходит оттого, что картина, видимая одним глазом, покажет такой же рельеф, как и сам рельеф, имеющий те же качества света и теней [и видимый также одним глазом]. Пусть рельеф *c* видим двумя глазами; для этих глаз, когда мы захотим рассматривать предмет правым глазом *m*, держа закрытым левый *n*, предмет предстанет в пространстве *a* или закроет его, а если ты закроешь правый и закроешь левый, то предмет закроет пространство *b*. Если же ты откроешь оба глаза, этот предмет не будет больше закрывать пространство *a* и *b*, а только пространство *erf* (W. An. III, 8; ср. T. P., 494).



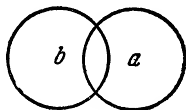
Живопись. Рельефные предметы, видимые вблизи одним глазом, будут походить на совершенную картину. Если ты будешь смотреть глазами *a* и *b* на точку *c*, она покажется тебе в *d* и *f*. А если будешь смотреть на нее одним глазом, точка *h* покажется тебе в *o*.



Картина же никогда не будет иметь этих двух различий (Tr., 38об.; ср. Т. Р., 496).

Если оба глаза видят сферический предмет, диаметр которого меньше, чем промежуток между глазными яблоками, то они будут видеть эту сферу и за пределами ее поперечника, и тем дальше, чем она ближе к глазам. Следовательно, такая сфера покажется меньшей, чем она есть на самом деле, для центральных линий зрительной способности глаз (D, 4).

Невозможно непрозрачному телу явить совершенную округлость плоского круга. Ни одно непрозрачное тело сферической формы, видимое двумя глазами, не предстанет перед ними совершенно округлым. В этом ты убедишься на опыте, взяв шар диаметром меньшим, чем промежуток между обоими глазами, и встав в таком месте, которое освещается из одного только окна; обрати взор в воздух, располагая этот шар между своим лицом и соседним воздухом, посреди обоих открытых глаз, глядя на центр этого шара,— тогда ты увидишь его таким, как я сказал. Причина заключается в том, что тот и другой глаз сам по себе создает бесконечное число зрительных линий, которые для зрения являются тем более сильными, чем они ближе к центральной линии, которая обладает первой степенью зрительной способности. Эти линии по кругу расходятся от центральной линии и участвуют в действии образов и подобий тех вещей, которые находятся перед глазами (С. А., 175 а).



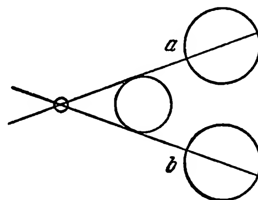
Ни одно непрозрачное тело сферической формы, видимое двумя глазами, не явит никогда совершенной округлости. Пусть *a* будет положение твоего правого глаза, *b* — положение левого. Закрывая правый глаз, ты видишь твое

сферическое тело около центра b, а если закроешь левый, то названное тело будет иметь центром a[4] (I, 43).

Вещи, близко расположенные к глазу, будут казаться крупнее, чем отдаленные.

Вещи, видимые двумя глазами, будут казаться более округлыми, нежели те, которые видимы одним глазом.

Вещи, видимые между светом и тенью, будут казаться более рельефными (Н, 49).



Если ты поместишь затеняющее тело перед глазами на расстоянии четырех дюймов и если оно будет меньше, чем расстояние между обоими зрачками, оно не будет заслонять для зрения ни одну вещь, находящуюся за ним. Никакая вещь, расположенная за предметом, находящимся по соседству с глазом, не может быть заслонена этим предметом, если он меньше промежутка между зрачками (В. М., 115об.).

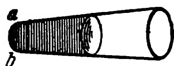
Границы той вещи менее отчетливы, которые ближе к глазам; отсюда следует, что более удаленные границы более отчетливы. Из тел, меньших зрачка глаза, те будут менее отчетливы, которые ближе к этому зрачку (В. М., 188).

О свете и тенях

Тень есть отсутствие света. Я полагаю, что необходимость теней для перспективы — величайшая, ибо без них непрозрачные и плотные тела плохо постигаются; плохо постигается и то, что заключено в их границах, и самые их очертания, если они не кончаются на фоне, имеющем цвет, отличный от цвета самого тела. Вот почему я предполагаю в первом положении о тенях сказать, каким образом всякое непрозрачное тело окружено тенями и покрыто ими на своей поверхности, а также о свете — и на этом я строю первую книгу. Кроме того, эти тени сами по себе имеют разно-

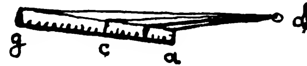
образные качества темноты, ибо в них отсутствует разное количество светлых лучей; такие тени я называю первичными (originali), ибо это первые тени, которые облекают тела и с ними соединены; об этом я построю вторую книгу. От первичных теней образуются теневые лучи, распространяющиеся в воздухе; качество этих лучей так же разнообразно, как и разнообразие первичных теней, от которых они происходят; поэтому я называю эти тени производными (derivative), ибо они рождаются от других теней; и об этом я напишу третью книгу. Кроме того, эти производные тени при своем падении производят столько же разных эффектов, сколько существует различных мест, на которые они падают; это я напишу в четвертой книге. И так как падение производной тени всегда сопровождается падением световых лучей, то посредством отражения назад к своей причине свет попадает на первичную тень, смешиваясь с нею и превращаясь в нее и до некоторой степени изменяя ее природу; и на этом я построю пятую книгу. Кроме того, я напишу шестую книгу, в которой будет рассказано о разнообразных и многочисленных видоизменениях отраженных лучей, меняющих первичную тень посредством стольких же разнообразных цветов, сколько существует разнообразных мест, откуда берут начало эти отраженные лучи. Наконец, я напишу седьмой раздел,— о разнообразии расстояний между местом, куда отраженный луч падает, и местом, где он возникает; о том, сколь разнообразны подобия цветов, которые этот луч накладывает на непрозрачное тело при своем падении (С. А., 250 а).

Мрак есть отсутствие света; тень есть ослабление (diminutio) света. Тень первичная (primitiva) — та, которая соединена с затененными телами; тень производная (derivativa)— та, которая отделяется от затененных тел и распространяется в воздухе. Тень отраженная — та, которая окружена освещенной поверхностью стены. Простая тень — та, которая не видит ни одной части света, являющегося ее причиной; простая тень начинается на линии, которая выходит от границ светлых тел, [таковы линии] *a* и *b* (С, 14об.).



Простая тень — та, которую не видит никакое светлое тело. Тень сложная — та, которая освещена одним или несколькими светлыми телами (В. М., 248об.).

О живописи. О темноте теней, или, иначе сказать, о светлоте светов. Практики применяют во всех затененных предметах — деревьях, лугах, волосах, бородах и шерсти — четыре вида светлоты, передавая один и тот же цвет, а именно: во-первых, темный подмалевок (fondamento); во-вторых, пятно, похожее на форму частей; в третьих, более выделяющуюся и светлую часть; в четвертых, света, более приметные, нежели другие части фигуры. Однако мне кажется, что на непрерывной величине, делимой до бесконечности, их разнообразие бесконечно. И доказываю я это так: пусть *ag* — непрерывная величина, делимая до бесконечности, *d* — источник света, ее освещающий; на основании 4-го [положения], гласящего, что та часть освещенного тела будет более светлой, которая ближе к причине, ее освещающей, я утверждаю: следовательно, *g* более темно, нежели *c*, во столько раз, во сколько раз линия *dg* длиннее линии *dc*; отсюда заключение, что степеней светлоты (или, что то же, темноты) можно вообразить не четыре, а бесконечно много, ибо *cd* — непрерывная величина, а всякая непрерывная величина делима до бесконечности. Итак, разнообразие длины, которую имеют линии, простирающиеся от источника света к освещенному предмету, бесконечно, и отношение между освещенностями такое же, каково отношение между линиями, простирающимися от центра источника света к частям этого освещенного предмета (С. А., 199об. а).

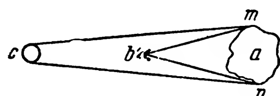


Возможно ли, чтобы на каком-либо расстоянии светящееся тело могло освещать только половину темного тела, меньшего, чем оно? Невозможно, чтобы на каком-либо расстоянии светящееся тело, будучи больше затененного, могло освещать ровно половину

этого затененного. То, что сказано, доказывается получающимися паралелльными линиями, так как они везде находятся на одинаковом расстоянии друг от друга; а между равноотстоящими линиями могут быть заключены только сферические тела, имеющие диаметр, равный расстоянию между линиями. Следовательно, концы [диаметров] двух неравных сфер не будут прикасаться к двум параллельным линиям (Т. Р., 697).

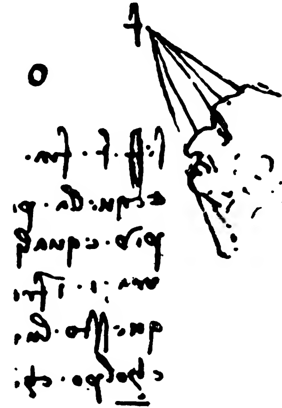
О разнице в фигурах тени и света при различном положении тел. Малые источники света образуют большие и резко ограниченные тени на темных телах. Большие источники света образуют на темных телах малые тени со смутными границами. Если малый и сильный источник света охвачен большим и менее сильным (например, солнцем и воздухом), то менее сильный будет заменять тень на телах, им освещаемых (Т. Р., 424).

Тело, способное иметь тени, которое будет видимо по линии падения света, не явит глазу никакой выступающей части. Например, пусть такое тело будет *a*, источник света — *c*; *cm* и *cn* пусть будут линии падения света, т. е. те линии, которые переносят свет к телу *a*. Глаз пусть находится в точке *b*. Я говорю: если источник света *c* видит всю часть *mn*, то все рельефные части, которые там находятся, будут все освещены. Следовательно, глаз, расположенный в b^5, не сможет увидеть там тени и света. И поскольку он их не увидит, любая часть будет ему казаться одноцветной. Вот почему различия выступающих и округлых частей не станут явными (А, 2).



О том, как узнать, какая часть тела должна быть более или менее освещена сравнительно с другой. Если *f* — источник света, а голова — то тело, которое им освещается, тогда та часть этой головы, на которую луч падает под более прямым углом, будет более освещена, а та часть,

на которую лучи падают под менее прямыми углами, будет менее светлой. И этот свет действует наподобие удара (colpo), ибо если удар придется под прямым углом, то он будет обладать первой степенью силы, а если он придется не под прямым углом, то окажется тем менее сильным, чем более различны углы [по обе стороны линии удара]. Например, если ты бросишь мяч об стену, концы которой находятся на одинаковом расстоянии от тебя, удар придется под прямым углом, а если ты бросишь мяч об эту стену, стоя около одного из концов названной стены, то мяч упадет между неравными углами и удар не будет прилегать к стене с такой же силой (B. N. 2038, 32; ср. T. P., 744).



О приобретенном цвете (colore accidentale) деревьев. Приобретенные цвета древесной листвы — четвероякие, а именно: тело, свет, рефлекс (lustro) и прозрачность (G, 24).

Ива (salice) и другие подобные ей растения, ветви которых подрезают каждые три или четыре года, пускают ветви довольно прямые, и их тень — около середины, где такие ветви рождаются. А ветви ближе к вершине дают мало тени по причине своих мелких листьев и того, что эти ветви редкие и тонкие. Следовательно, ветви, поднимающиеся к небу, будут давать мало тени и мало рельефа, а ветви, обращенные в сторону ниже горизонта, начинаются в темной части тени и становятся все светлее к своим концам; они дают хороший рельеф, просветляясь постепенно на теневом фоне.

То растение будет менее тенистым, разветвления и листья которого — более редкие (G, 9).

Хотя листья с гладкой поверхностью по большей части имеют одинаковый цвет на лицевой и обратной стороне, случается, что часть,

видимая воздуху, становится причастной цвету этого воздуха; и она кажется причастной этому цвету воздуха тем более, чем ближе к ней находится глаз и чем в большем ракурсе он ее видит. И вообще тени таких листьев бывают более темными с лицевой, нежели с обратной стороны, от контраста, образуемого рефлексами, граничащами с такой тенью.

Обратная сторона листьев хотя и имеет сама по себе такой же цвет, как и лицевая, тем не менее являет его более прекрасным; это зеленый с оттенком темного. Так случается, когда подобный лист находится между глазом и светом, освещающим его с противоположной стороны. И тени его расположены так же, как на противоположной стороне.

Итак, ты, художник, когда изображаешь деревья вблизи, помни, что, поскольку глаз твой находится несколько ниже дерева, тебе случится видеть его листья как с лицевой, так и с обратной стороны. И лицевые стороны будут тем более голубыми, чем в большем ракурсе они видимы. И один и тот же лист иногда являет часть лицевой и часть обратной стороны, а потому тебе надо делать его двуцветным (G, 3—2об.).

О явлениях светового контраста

О свете среди тени. Когда ты рисуешь какое-нибудь тело, помни, что, сравнивая силу света его освещенных частей, глаз часто обманывается, и менее светлое кажется ему более светлым. И причина проистекает из сравнения граничащих друг с другом частей, ибо если тело будет иметь две части, не одинаковые по светлоте, и менее светлая граничит с темными частями (каковы, например, небо и ему подобные светлые тела), то тогда часть, которая менее светла или светяща, будет казаться более светлой, а более светлая покажется более темной [чем на самом деле] (G, 12об.).

О том, что тени всегда должны быть причастны цвету затеняющего тела. Ни один предмет не предстает в своей естественной белизне, ибо окружение, в



Схема лучей, освещающих лицо человека (Виндзор).

котором он видим, передает этот предмет глазу тем более или тем менее белым, чем более или чем менее такое его окружение темно. Этому учит нас луна, которая днем представляется нам на небе мало светлой, а ночью имеет такой блеск, что являет подобие солнца и дня, разгоняя мрак. Происходит это по двум причинам. Первая причина — контраст, природа которого заключается в том, что он показывает предметы тем более совершенными по видам их цветов, чем более они отличны друг от друга. Во-вторых, ночью зрачок больше, чем днем, что уже доказано[6], а больший зрачок видит светлое тело более крупным и более превосходным по яркости, нежели зрачок меньший, как это подтверждает тот, кто смотрит на звезды сквозь маленькое отверстие, сделанное в бумаге (Т. Р., 628).

О природе цветных фонов, на которых помещается белый предмет. Тот белый предмет покажется белее, который имеет более темный фон, а более темным покажется тот, который будет иметь более белый фон. Этому нас научили снежные хлопья: если мы видим снег на фоне воздуха, он кажется нам темным; но если мы его видим на фоне какого-нибудь открытого окна, через которое видна темнота тени внутри дома, то снег этот покажется нам чрезвычайно белым (Т. Р., 231).

То светлое тело будет казаться более сияющим, которое окружено более темным мраком (С, 5).

Та тень покажется более темной, которая будет окружена более блестящей белизной (Е, 32).

Чем больший блеск будет иметь светящееся тело, тем большей темноты станут тени, которые образованы телами, освещенными им (С, 10).

О цветах. Из цветов равной белизны тот покажется более светлым, который будет находиться на более темном фоне, а черное будет казаться более мрачным на фоне большей белизны.

И красное покажется более огненным на более желтом фоне, а также все цвета, окруженные своими прямыми противоположностями (С. А., 184об. с).

О влиянии яркости предмета и его фона на восприятие его величины

Из тел равной величины и находящихся на равном расстоянии, то, которое будет более освещено, покажется глазу более близким и крупным (С, 1).

Когда глаз смотрит на свет свечи, находящейся на расстоянии 400 локтей, этот свет покажется наблюдающему глазу возросшим в 100 раз по сравнению с его истинной величиной. Однако если ты поместишь впереди палку, то она закроет весь этот свет, казавшийся шириной в 2 локтя. Следовательно, эта ошибка проистекает от глаза, воспринимающего светлые образы не только в одной точке роговой оболочки (luce), но и на всей поверхности ее. И причину этого я укажу в другом месте (С, 6).

Испытание того, каким образом светлые тела кажутся издали бóльшими, чем они суть. Если ты поставишь две зажженные свечи на расстоянии друг от друга в $^1/_2$ локтя и удалишься от них на 200 локтей, ты увидишь, что, благодаря возрастанию расстояния, от обоих огней получится одно светлое тело и оно будет казаться одним большим огнем в локоть.

Испытание того, каким образом мы видим истинную величину светлых тел. Если ты хочешь увидеть истинную величину этих светлых тел, возьми тонкую дощечку и сделай в ней отверстие в виде маленького прокола иглой. Расположи его насколько можно ближе к глазу так, чтобы, смотря сквозь это отверстие на вышеназванный свет, ты видел одновременно достаточное пространство воздуха вокруг. И так, быстро удаляя и приближая эту доску у твоего глаза, ты увидишь, как быстро этот свет растет и убывает (А, 64).

Из вещей одинаковой величины, белизны, площади и длины та, которая имеет поверхность более плоскую [светлую?], будет казаться бо́льших размеров.

Железо везде одинаковой толщины, раскаленное в одной половине, это доказывает, так как раскаленная его часть кажется более толстой, чем остальная (С, 12).

Та вещь, которая от светлости более подобна свету, будет видима на более далеком расстоянии и более крупной формы, нежели полагается качеству тела на данном расстоянии (B. N. 2038, 10).

Если многие светлые тела будут видимы издалека, они покажутся слитыми и соединенными вместе, хотя они и разделены друг от друга (С, 14об.).

Если многие теневые тела будут видимы в тесном соседстве на светлом фоне, то на далеком расстоянии они покажутся разделенными большим промежутком (С, 14).

Предметы, видимые издали, теряют свои пропорции и это обусловлено тем, что более светлая часть посылает глазу свой образ в виде более сильного луча, нежели часть более темная. И я видел женщину, одетую в черное, с белым платком на голове, который казался вдвое бо́льшим, чем ширина ее плеч, одетых в черное (Т. Р., 445).

П е р с п е к т и в а. Ни одно видимое тело не может быть правильно постигнуто человеческими глазами и правильно оценено иначе, как благодаря разнообразию того фона, где края этих тел кончаются и граничат друг с другом; и ни одна вещь в отношении своих очертаний не будет казаться отдельной от этих фонов. Хотя луна находится на значительном расстоянии от тела солнца, тем не менее, когда она оказывается во время затмений между нашими глазами и солнцем, она представляется для человеческих глаз соединенной с солнцем и приклеенной к нему, ибо эта луна располагается поверх солнца (С, 23).

То теневое тело будет казаться меньшей величины, которое окружено более светлым фоном. И то светящееся тело будет казаться крупнее, которое граничит с более темным фоном, как это явствует из высоты зданий ночью, когда за ними зарево; тогда сразу же кажется, что зарево уменьшает их высоту. И оттого получается, что эти здания кажутся бо́льшими в тумане или ночью, нежели тогда, когда воздух очистился и освещен (С. А., 126 b).

Из тел, одинаковой величины и длины, одинаковой фигуры и темноты, то покажется меньшей величины, которое окружено более светлым фоном (С, 8об.).

Из тел одинакового качества, находящихся на равных расстояниях от глаза, то тело будет казаться меньшей фигуры, которое окружено более светлым фоном.

Всякое видимое тело будет окружено светом и тенью. То совершенно округлое тело, которое окружено светом и тенью, покажется имеющим одну часть тем бо́льшую по сравнению с другой, чем больше одна часть освещена по сравнению с другой (С, 24).

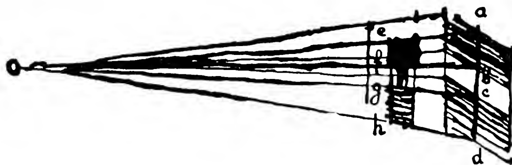
Та темная вещь, которая видима на светлом фоне, покажется меньшей, чем она есть.

Та светлая вещь покажется более крупной фигуры, которая будет видна на фоне более темного цвета (I, 18).

Об обычной перспективе. Та вещь однородной толщины и цвета, которая видима на фоне разнородного цвета, покажется имеющей неоднородную толщину. И если вещь однородной толщины и разнообразных цветов будет видима на фоне однородного цвета, эта вещь покажется разной толщины; и чем бо́льшим разнообразием обладают цвета́ фона или вещи, видимой на определенном фоне, тем более будут казаться разнообразными и толщи́ны, даже если вещи, видимые на этом фоне, имеют одинаковую толщину (I, 17об.).

Та часть темного предмета однородной толщины покажется более мелкой, которая будет видима на более светлом фоне.

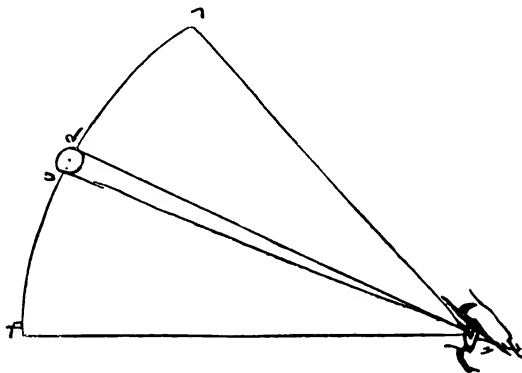
e — данное тело однородной толщины; *ab* и *cd* — фоны, из которых один темнее другого; *bc* — светлый фон, подобный тому, какой получается в темной комнате при освещении солнцем через отверстие. Я говорю, что предмет *eg* будет казаться толще в *ef*, чем в *gh*, ибо *ef* имеет более темный фон, чем *gh*. Также часть *fg* будет казаться мельче, поскольку она видима глазом на светлом фоне *bc*. Часть светящегося тела однородной толщины и блеска будет казаться более толстой, если она видима на более темном фоне, и такое светящееся тело будет казаться горящим (F, 22).



О восприятии границ тела на различных расстояниях

Всякая телесная форма по отношению к деятельности глаза бывает троякой, а именно: телом, фигурой и цветом. Телесное подобие распространяется на более далекое расстояние от своего начала, нежели цвет или фигура. Притом цвет простирается дальше, чем фигура. Но это правило не распространяется на светящиеся тела.

Приведенное положение прекрасно доказывается и подтверждается опытом, ибо если ты увидишь человека вблизи, то распознаешь и качество тела и качество фигуры, равно как и качество цвета. А если он удаляется от тебя на некоторое расстояние, ты уже не будешь знать, кто



он, ибо качество фигуры пропадает. Если он отойдет еще дальше, ты не сможешь распознать его цвет, и он тебе покажется темным телом. С еще более далекого расстояния он покажется тебе совсем маленьким телом, круглым и темным. Круглым он будет казаться потому, что расстояние уменьшает отдельные члены настолько, что от них остается лишь крупная масса.

Причина этого следующая. Мы прекрасно знаем, что все подобия тел достигают чувствилища через одно маленькое отверстие глаза. Следовательно, если весь горизонт *ad* проникает через подобное отверстие, а тело *bc* есть мельчайшая часть этого горизонта, то какую часть должна она будет занять в столь малом изображении столь великой полусферы? И так как светящиеся тела обладают в темноте большей силой, чем любое другое тело, и поскольку отверстие глаза весьма темно, как это по природе свойственно всем полостям, постольку образы отдаленных тел пропадают в столь сильном свете неба, а если и проявляются, то кажутся темными и черными, как это случается со всяким маленьким телом, которое бывает видимо в светлом воздухе (В. N. 2038, 12об.).

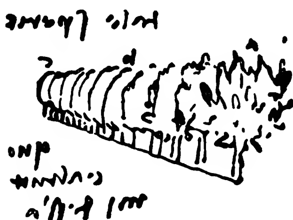
О перспективе, уменьшающей непрозрачные тела. В непрозрачных телах одинаковой величины кажущееся уменьшение их фигур будет таково, каково уменьшение их расстояний от видящего их глаза. Но такая пропорция обратная, ибо там, где расстояние больше, там непрозрачное тело кажется меньше, и там, где расстояние меньше, там тело будет казаться больше. Отсюда рождается линейная перспектива. И она учит, во-вторых, что всякое тело на далеком расстоянии сначала утрачивает ту часть тела, которая сама по себе более мелка. Например, у коня ноги пропадут раньше, чем голова, ибо ноги тоньше головы, и шея пропадет скорее, чем корпус, по той же указанной причине. Отсюда, следовательно, вытекает, что последней частью, познание которой сохранится для глаза, будет корпус, принявший овальную форму, или, вернее, близкий к форме цилиндрической; и толщина пропадет раньше, чем длина, согласно вышеприведенному второму заключению (Е, 80).

О предметах, видимых издали. Границы того предмета менее отчетливы, на которое смотрят с большего расстояния (Т. Р., 453).

О живописи. Насколько предмет из-за расстояния уменьшается в своих размерах, настолько теряется и правильное распознавание его фигуры (С. А., 176об. b).

Во всякой фигуре, находящейся на далеком расстоянии, сначала пропадает понятие о более мелких частях и напоследок сохраняются лишь самые крупные части, без всякого понятия о всех границах,— предметы оказываются овальной и сферической формы со смутными очертаниями (G, 53об.).

О деревьях. Какие границы являют удаленные растения, фоном которых является воздух? Границы разветвлений деревьев, отделяющие их от освещенного воздуха, получают форму тем более приближающуюся к сферической, чем они дальше; и, чем они ближе, тем более удаляются от такой сферичности. Так, первое дерево *a*, будучи по соседству с глазом, являет истинное очертание своих разветвлений; оно как бы уменьшается в *b* и совершенно пропадает в *c*, где не только его ветви, но и оно само распознается с большим трудом.



Всякое тело, имеющее тени, какова бы ни была его форма, на далеком расстоянии кажется сферичным. И это происходит оттого, что если такое тело—четырехугольное, то на кратчайшем расстоянии пропадают его углы, а немного дальше больше пропадают уменьшившиеся стороны; и так, прежде чем пропадает целое, пропадают части, ибо они меньше целого. Например, человек, наблюдаемый подобным образом, теряет ноги, руки и голову раньше, нежели корпус, а затем теряет очертания сначала длины и потом ширины; и когда они сравняются, он превратился бы в квадрат, если бы углы сохранялись. Но так как они не сохраняются, он становится кругом (G, 26об.).

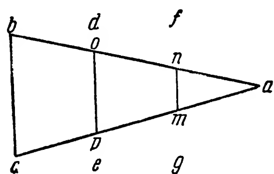
Почему мы не узнаём человека, видимого на определенном расстоянии? Перспектива сокращений нам показывает, что чем дальше находится предмет, тем он становится меньше. Если ты будешь смотреть на человека, удаленного от тебя на выстрел из самострела, через ушко маленькой иглы, расположенное около глаза, ты сможешь увидеть сквозь это ушко, что многие люди посылают свои подобия глазу и в одно и то же время все они вмещаются в этом ушке. Итак, если человек, удаленный на выстрел из самострела, посылает глазу свое подобие, которое занимает маленькую часть игольного ушка, то как сможешь ты в столь маленькой фигуре различить или рассмотреть нос или рот или какую-нибудь частичку этого тела? А не видя их, ты не сможешь и узнать человека, не являющего тебе тех своих частей, которые придают людям отличный друг от друга вид (B. N. 2038, 20об.; T. P., 459).

Перспектива пропадания (perspectiva de perdimenti) краев непрозрачных тел. Если истинные края непрозрачных тел невидимы на любом малом расстоянии, они тем более не будут видны на далеких расстояниях; и если истинная фигура любого непрозрачного тела познается посредством границ и если, вследствие расстояния, пропадает познание этого целого, то тем более пропадет познание его частей и границ (E, 80).

О передаче величины изображаемых в живописи вещей. При передаче действительной величины предметов, противостоящих глазу, передние фигуры, даже если они малы, как, например, в произведениях миниатюристов, должны быть столь же закончены, сколь закончены и крупные фигуры [переднего плана] у живописцев. Маленькие фигуры миниатюристов должны рассматриваться вблизи, а фигуры живописцев издали; при таких условиях они доходят до глаза одинаковыми по величине, ибо доходят при одинаковой величине угла.

Доказательство. Пусть предмет — bc, глаз — a, и de — стеклянная доска, через которую проникают образы bc. Я утверждаю:

если глаз *a* неподвижен, то величина изображения, сделанного в подражание *bc*, должна быть тем меньше по фигуре, чем ближе к глазу *a* находится стекло *de*; и вместе с тем изображение должно оставаться столь же четким [для глаза, как *bc*]. Вместе с тем если ты изображаешь фигуру *bc* на стекле *de*, твоя фигура должна быть сделана менее четко, нежели [действительная] фигура самого *bc*, и более четко, нежели фигура *nm*, изображенная на [меньшем] стекле *fg*. Ведь если бы фигура *po* была сделана столь же четкой, как и натуральная *bc*, перспектива *op* была бы фальшивой: в смысле уменьшения фигуры она была бы правильной, поскольку *bc* уменьшается в *po*, но четкость не была бы согласна с расстоянием. В самом деле, если добиться [в *op*] такого же совершенства четкости, какое имеет натура *bc*, то *bc* казалось бы находящимся около *op*; а добиваясь уменьшения [четкости *bc*] в *op*, ты делаешь, что это *op* представляется находящимся в *bc*. При уменьшении четкости на стекле *fg* ⟨...⟩ (Т. Р., 152).



Правило живописи. Если ты будешь изображать на далеких расстояниях предметы резкими и отчетливыми, они покажутся не удаленными, а близкими. Итак, в своем подражании делай так, чтобы у предметов была та степень резкости, которая показывала бы расстояние. И если у предмета, который служит тебе объектом, будут границы смутные и сомнительные, делай то же самое в своем изображении.

Далекие предметы являют смутные и неопределенные границы по двум причинам. Во-первых, предмет достигает глаза под таким малым углом и уменьшается настолько, что не отличается по своему действию от мельчайших вещей, в которых глаз не может постичь, какую форму они имеют, даже когда они находятся совсем близко к нему,— таковы, например, когти на пальцах муравьев и т. п. Во-вторых, между глазом и далекими предметами находится столько воздуха, что он становится густым и плотным; своей белизной он

окрашивает тени и застилает их, придавая им цвет средний между черным и белым, а именно лазоревый (Т. Р., 473).

Почему башни с параллельными сторонами кажутся в тумане более узкими у подножия, чем наверху? Башни с параллельными сторонами кажутся в тумане более узкими у подножия, чем наверху, по той причине, что туман, являющийся их фоном — более густой и более белый внизу, чем на высоте, а потому, согласно 3-му [положению] этой [книги], гласящему: «Темный предмет, расположенный на белом фоне, уменьшается для глаза в своих размерах», и согласно обратному положению, гласящему: «Белый предмет, расположенный на темном фоне, кажется более толстым, чем на фоне светлом», мы делаем вывод, что нижняя часть темной башни имеет фоном белизну низкого и густого тумана, который растет для глаза у нижних границ башни и сокращает их. Этого не может сделать туман у верхних ее границ, где он более тонкий (Т. Р., 457).

Суждение наше о событиях, происшедших на разных расстояниях времени, не располагает их на должных и свойственных им расстояниях. Ведь многое, происшедшее много лет тому назад, будет казаться нам близким и недалеким от настоящего, а многое близкое покажется стариной, — такой же, как старина нашей юности. Так поступает и глаз в отношении далеких предметов: освещенные солнцем, они кажутся близкими к глазу, а многие близкие к нему предметы кажутся далекими (С. А., 29об. а).

Об увеличении светил у горизонта

О свете. То светящееся тело, которое заслонено более плотным воздухом, покажется меньших размеров, как это видно на примере луны и солнца, заслоняемых туманом.

О свете. Из светящихся тел одинаковой величины и блеска, находящихся на одинаковом расстоянии, то покажется большей формы, которое будет окружено более темным фоном.

О светах. Я нашел, что любое светящееся тело, видимое сквозь плотный и густой туман, уменьшается тем больше, чем более оно удаляется от глаза. И так бывает с солнцем дня и с луною и другими бессмертными светочами ночи. И когда воздух чист, чем больше удаляются эти источники света от глаза, тем более кажется, что они получают бóльшую форму (С. А., 126об. b).

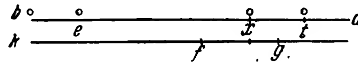
Почему солнце кажется крупнее при восходе, нежели в полдень, когда оно ближе к нам? Всякое тело, видимое сквозь искривленную среду, кажется нам более крупной формы, чем оно есть на самом деле (А., 64).

Доказательство возрастания величины солнца на западе. Некоторые математики доказывают, что солнце увеличивается на закате потому, что глаз всегда его видит через воздух большей плотности, и они ссылаются на то, что вещи, видимые в тумане и в воде, кажутся бóльшими. Им я отвечаю: нет, ибо вещи, видимые в тумане, уподобляются по цвету далеким, но, не будучи подобны им по уменьшению, кажутся более крупными. Кроме того, ни одна вещь не увеличивается в спокойной воде (acqua piana), и я докажу это, освещая шест, погруженный наполовину в воду. Причина, почему солнце увеличивается, заключается в том, что «всякое светящееся тело кажется тем бóльшим, чем больше оно удаляется» (А, 64об).

О предметах видимых в тумане. Предметы, видимые в тумане, кажутся значительно превосходящими свою истинную величину. Это происходит оттого, что перспектива среды, находящейся между глазом и подобным предметом, не дает согласия между цветом и величиной объекта. В самом деле, такой туман подобен тому мутному воздуху, который находится между глазом и горизонтом в ясную погоду, и близкое к глазу [человеческое] тело, рассматриваемое сквозь близкий туман, кажется [по цвету] находящимся на расстоянии горизонта, откуда [даже] огромная башня предстает меньших размеров, чем указанный человек, стоящий вблизи (Т. Р., 462).

Перспектива. Из предметов, удаляемых от глаза на одинаковое расстояние, тот покажется менее сократившим свои размеры, который первоначально находился на более далеком расстоянии. Из предметов, удаляемых от глаза на одинаковое расстояние от своего первого положения, тот менее сокращает свои размеры, который первоначально находился на большем расстоянии от этого глаза. И пропорция уменьшения будет такова, какова пропорция расстояний этих вещей до глаза, существовавшая перед их движением.

Например, пусть мы имеем тело *t* и тело *e* и пусть их расстояния от глаза относятся как 5 к 1. Я перемещаю то и другое из своего положения и делаю их более отдаленными от глаза на одну из 5 частей, которые входят в состав пропорции. Тогда получится, что тело, ближе находящееся к глазу, удвоит свое расстояние, и согласно предпоследнему [положению] этой [книги], оно уменьшится вдвое, а тело *e*, благодаря тому же самому движению, уменьшилось на $^1/_5$ своей величины. Следовательно, согласно вышеприведенному предпоследнему [положению], истинным является то, что утверждается в этом последнем положении. И это я говорю о движении небесных тел на расстоянии 3500 миль; находясь на востоке дальше от нас, чем над нами, они не увеличиваются и не уменьшаются с заметным эффектом (F., 60об.).

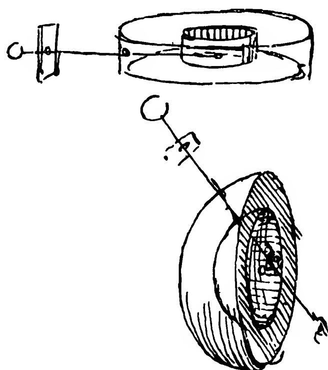


Почему планеты кажутся крупнее на востоке, чем над нами, хотя казалось бы, что должно было бы быть наоборот, поскольку они на 3500 миль ближе к нам, находясь посреди неба, нежели тогда, когда они находятся у горизонта.

Все ступени стихий, сквозь которые проходят образы небесных тел, достигающие глаза, одинаковы, а углы, под которыми проходят центральные линии таких образов, не одинаковы, и расстояние больше, ... следовательно, по 9-му [положению] 7-й [книги] величина небесных тел у горизонта доказана (F, 60).

Если ты хочешь доказать, почему луна кажется крупнее у горизонта, нежели она есть на самом деле, возьми очковое стекло (ochiale), выпуклое с одной стороны и вогнутое с противоположной стороны и держи его обращенным к глазу вогнутой стороной, глядя на предмет, находящийся за выпуклой поверхностью. Тогда ты сделаешь истинное подобие воздуха, находящегося между сферой огня и сферой воды, — воздуха, вогнутая поверхность которого обращена к земле, а выпуклая к огню (W, 12326).

Способ исследовать на опыте, каким образом лучи проходят через жидкие тела. Вели сделать два сосуда (ganne), один должен быть концентричен другому и быть на $^4/_5$ меньше другого, и оба должны иметь одинаковую высоту. Затем укрепи один сосуд в другом, как ты видишь здесь на рисунке. Покрой его [разметь] снаружи краской и оставь маленькое отверстие, пропустив через последнее солнечный луч, проникающий сквозь другую скважину в двери или окне. Затем смотри: проходя через воду, заключенную между обоими сосудами, сохраняет ли луч свою прямизну, которую он имеет снаружи, или же нет? И на этом основании установи правило.



Чтобы увидеть, каким образом солнечные лучи проникают через кривизну воздушной сферы, вели сделать два стеклянных шара, один вдвое больше другого, как можно более округлых. Затем разрежь их посредине и вложи один в другой, сомкни края (chiudi le fronti) и наполни водой; и пропусти внутрь солнечный луч, как ты это делал раньше. Смотри, изгибается или искривляется этот луч, и установи соответствующее правило. Так ты сможешь произвести бесконечное число опытов.

Смотри, держа глаз внутри шара, сохраняет ли свою величину свет свечи или нет (F, 33об).

Сделай сферические маленькие ампулы и затем разрежь их, как их режут обычно—винтом с раскаленным железом, и сделай чашку в виде полусферы так: . Затем сделай свои очки, полные воды так: и одно стекло наполни целиком водой (D, 7об.).

О воздушной перспективе

О воздушной перспективе. Существует еще другая перспектива, которую я называю воздушной, ибо посредством разнообразия воздуха можно распознать разницу расстояний до различных сооружений, ограниченных снизу одной единственной линией. Так, если смотреть на многие сооружения по ту сторону стены, которые все кажутся одной и той же величины над верхним краем этой стены, а тебе хочется заставить казаться их на картине одно дальше другого, следует изобразить воздух до известной степени плотным. Ты знаешь, что в подобном воздухе самые отдаленные предметы, в нем видимые, например горы, вследствие большого воздушного слоя, находящегося между твоим глазом и горою, кажутся синими, почти того же цвета, что и воздух, когда солнце бывает на востоке. Итак, делай первое сооружение над этой стеной своего цвета, более удаленное делай менее профилированным и более синим; то, которое ты хочешь, чтобы оно было настолько же более отодвинуто назад, делай настолько же более синим, и то, которое ты хочешь, чтобы оно было удалено в пять раз, делай его в пять раз более синим. И в силу этого правила те сооружения, которые находятся над одной линией и кажутся одинаковой величины, ясно распознаются, — какое из них дальше и какое больше, чем другое (B. N. 2038, 25об.; T. P., 262).

О том, как живописец должен применять на практике перспективу цветов. Если ты

желаешь применить перспективу, основанную на варьировании, исчезновении или умалении собственной сущности цветов, ты возьмешь ряд предметов, отстоящих друг от друга на 100 локтей и находящихся в открытой местности, каковы деревья, дома, люди и приметные места. Напротив первого дерева ты хорошенько, неподвижно укрепишь стекло и точно так же неподвижно расположишь глаз. На указанном стекле ты прорисуешь это дерево; затем сдвинь его на такое расстояние в сторону, чтобы натуральное дерево граничило с нарисованным тобой. Тогда раскрась свой рисунок так, чтобы цвет и форма были одинаковыми и чтобы оба дерева, если закрыть один глаз, казались написанными на стекле с одного и того же расстояния. По тому же самому правилу нарисуй второе и третье дерево, от 100 локтей к 100 локтям, одно за другим. Они всегда будут служить тебе как образцы и наставники, когда ты станешь работать над своими произведениями, где пользование ими уместно и позволит тебе правильно передавать даль. Что касается меня, я нашел, как правило: второй предмет убывает на $^4/_5$ по сравнению с первым, когда он находится на 20 локтей от первого (B. N. 2038, 22об.; Т. Р., 261).

Поверхность любого непрозрачного тела причастна цвету противостоящего ему предмета. Но воздействие тем больше или тем меньше, чем ближе или чем дальше этот предмет или чем больше или меньше сила [цвета] (Е,17).

Живопись. Поверхность всякого непрозрачного тела, причастна цвету противостоящего ему предмета.

С тем большей силой окрашивается поверхность непрозрачного тела цветом противостоящего ему предмета, чем ближе к прямым те углы, под которыми лучи образов таких предметов ударяются об эти тела.

И поверхность непрозрачных тел тем более окрашивается в цвет противостоящего им предмета, чем белее поверхность и чем светлее или сильнее освещен этот предмет (W. An. VI, 22).

Предмет, находящийся между глазом и видимым предметом, придает этому последнему свой цвет. Так, синий воздух является

причиной, почему далекие горы кажутся синими, красное стекло — причиной, почему видимое глазу мотовило (aspo) кажется ему красным (Tr., 39).

О цветах. Свет огня окрашивает всякий предмет в желтое, но в этом нельзя будет удостовериться, если для сравнения нет предметов, освещенных воздухом. Такое сравнение можно сделать под конец дня или, еще лучше, на рассвете, а также если в темной комнате освещать предмет через одну щель воздухом, а через другую светом свечи. В таком месте, без сомнения, разница их будет видна ясно и отчетливо, за исключением тех цветов, которые наиболее сходны друг с другом, хотя [сами по себе] различимы, например, белый и и светложелтый, зеленый и синий. Ибо когда желтоватый свет освещает синее, то это равносильно смешиванию синего и желтого, дающих вместе прекрасный зеленый цвет. А если потом ты смешаешь желтый с зеленым, он станет еще более красивым (Т. Р., 248).

Почему лица издалека кажутся темными? Мы ясно видим, что все подобия видимых вещей, которые являются предметами нашего зрения, как малые, так и большие, проникают в наш орган чувств через маленький зрачок (luce) глаза. Если через такой маленький вход проходит подобие, исходящее от огромного неба и земли, а лицо человека среди таких огромных подобий вещей — почти ничто из-за удаленности, его уменьшающей, то оно занимает такую малую долю этого зрачка, что становится невоспринимаемым. И если образ должен проходить от поверхности к чувствилищу (impressiva) через темную среду, т. е. полый нерв, который кажется темным, то такой образ, не обладая сильным цветом, окрашивается в темноту пути и, достигая чувствилища, кажется темным. Другой причины никак нельзя указать. Если точка, находящаяся в зрачке глаза (luce) — черная, то это потому, что она наполнена прозрачной, как воздух, влагой, и выполняет ту же роль, что дыра, сделанная в доске: когда смотрят на нее, она кажется темной, а предметы, видимые в светлом и темном воздухе, смешиваются в темноте (В. N. 2038, 20об.; Т. Р., 458).

На каком расстоянии цвета предметов пропадают совершенно? Цвета предметов совершенно пропадают на большем или меньшем расстоянии в зависимости от большей или меньшей высоты глаза и видимого предмета. Доказывается 7-м [положением] этой [книги], гласящим: «Воздух тем более или тем менее плотен, чем ближе он или чем дальше от земли». Итак, если глаз и видимый им предмет находятся около земли, плотность воздуха, располагающегося между глазом и предметом, будет велика и составит значительную помеху для цвета предмета, видимого глазом. Но если этот глаз вместе с видимым им предметом окажется вдали от земли, то воздух будет незначительно заслонять цвет указанного объекта (Т. Р., 194).

Из тел одинаковой темноты, расположенных на далеком и равном расстоянии, то тело будет казаться более темным, которое расположено выше от земли (С. А., 126 b).

На каком расстоянии пропадают цвета предметов, видимых глазом? Расстояния, на которых пропадают цвета предметов, настолько же разнообразны, насколько разнообразны возрасты дня и насколько разнообразны плотность или тонкость воздуха, через который к глазу проникают образы цветов от вышеназванных предметов. И пока об этом мы не дадим никакого правила (Т. Р., 195).

Утром туман — более густой вверху, чем внизу, ибо солнце притягивает его ввысь; вот почему в больших зданиях вершина будет для тебя невидима, хотя бы она находилась от тебя на таком же расстоянии, как и ее подножие. И поэтому небо кажется более темным на высоте и около горизонта, не голубым, а имеющим цвет средний между цветом дыма и пыли.

Воздух, наполненный туманами, совершенно лишен синевы и кажется имеющим цвет облаков, которые белеют в ясную погоду; и чем больше ты поворачиваешь взор к западу, тем более ты увидишь его темным, и на востоке — тем более светлым и ясным. И зелень

полей в умеренном тумане приобретает синеватый оттенок, а в более плотном — сереет.

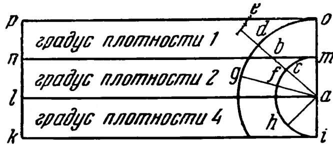
Здания на западе являют нам только светлую часть, когда солнце встает, а остальное скрывают туманы. Когда солнце поднимается и разгоняет туманы, начиная освещать холмы с той стороны, с которой они пропадают, тогда эти холмы становятся голубыми и кажутся дымящимися в направлении убегающих туманов, а здания являют свет и тени. И в менее плотном тумане они являют только свет, а в более плотном — вообще ничего. И это бывает тогда, когда движение тумана происходит в поперечном направлении, — тогда границы тумана будут мало явственными по соседству с синевой воздуха, а около земли он будет казаться вздымающейся пылью. Чем плотнее воздух, тем более редко стоящими покажутся деревья полей, ибо тогда явными останутся лишь более высокие и толстые.

Тьма окрашивает всякую вещь своим цветом, и чем более эта вещь отклоняется от тьмы, тем более мы ее видим в ее истинном и естественном цвете. [При тумане] горы покажутся более редко стоящими, ибо останутся явными только те, которые отстоят на большие промежутки, — ведь в этом пространстве плотность возрастает настолько, что создает светлость, которая разделяет темноту холмов; и темнота эта пропадает к вершине. Между маленькими и близкими друг к другу холмами нет такого количества тумана, а потому они менее четко отделяются друг от друга и всего менее у своих подножий (В. М., 169).

Первое, что у цветов теряется на расстоянии, — это блеск, их наименьшая часть, являющаяся светом от светов. Во-вторых, свет, так как он меньше тени. В-третьих, — главные тени. И в конце концов остается средняя расплывчатая темнота (Т. Р., 428).

О цвете, который не обнаруживает изменений при различных плотностях воздуха. Возможно, что один и тот же цвет не будет меняться на различных расстояниях, и произойдет это, когда отношение плотностей воздуха и отношение расстояний цветов от глаза — то же самое, но обратное.

Доказательство: *a* пусть будет глаз, *h* — какой-либо цвет, удаленный на градус расстояния от глаза в воздухе 4 градусов плотности. Но так как у второго градуса сверху (*amnl*) вдвое более тонкий воздух, то, когда помещают туда тот же самый цвет, необходимо, чтобы цвет этот вдвое более был удален от глаза, нежели первоначально. Поэтому помещаем его на расстояние 2 градусов — *af* и *fg* — от глаза, и это будет цвет *g*. Если этот цвет потом поднимется в градус двойной тонкости по сравнению со вторым градусом (*manl*), а это будет градус *ompn*, то необходимо поместить его на высоте *e*, и будет он отстоять от глаза на всю линию *ae*, относительно которой требуется доказать, что она по плотности воздуха равноценна расстоянию *ag*. И доказывается это так: если расстояние *ag* между глазом и цветом находится в одном и том же слое воздуха и занимает 2 градуса и цвет поднят на расстояние $2^1/_2$ градусов [в *e*], то это расстояние удовлетворяет требованию, чтобы цвет *g*, поднятый в *e*, не менялся в своей силе, ибо градус *ac* и градус *cd*, при одной и той же плотности воздуха, подобны и равны. А градус *cd* хотя по длине и равен градусу *fg*, но по плотности воздуха ему не подобен, так как он наполовину находится в воздухе вдвое более плотном, чем воздух верхний, и здесь $^1/_2$ градуса расстояния отнимает у цвета столько же, сколько целый градус в верхнем воздухе, вдвое более тонком, нежели воздух, примыкающий к нему снизу. Итак, подсчитывая сначала плотности воздуха, а затем расстояния, ты увидишь, что цвета, изменив положение, в красоте не изменятся. И скажем так о подсчете плотности воздуха: цвет *h* находится в 4 градусах плотности воздуха, цвет *g* находится в 2 градусах плотности, а цвет *e* находится в 1 градусе плотности. Теперь посмотрим, находятся ли расстояния в том же, но обратном отношении: цвет *e* отстоит от глаза на расстояние $2\ ^1/_2$ градусов, *g*—двух градусов, *h*—одного градуса. Расстояние это не совпадает с отношением плотностей. Но необходимо сделать третий подсчет, и вот что надобно тебе сказать: градус *ac*, как сказано было



выше, подобен и равен градусу *af*. Полградуса *cd* подобно, но не равно градусу *ac*, так как это полуградус длины, равноценный целому градусу верхнего воздуха, для которого была принята [вдвое бóльшая] тонкость по сравнению с воздухом нижним. Итак, найденный подсчет удовлетворяет предположению, так как *ac* равноценно 2 градусам плотности верхнего воздуха, а $^1/_2$ градуса *cd* равноценно целому градусу этого верхнего воздуха; так что имеем 3 градуса в переводе на эту верхнюю плотность; в ней же есть еще один, а именно *be* — всего 4. Следовательно, у *ah* — 4 градуса плотности воздуха; у *ag* также 4, т. е. 2 у *af* и 2 другие у *fg*, что составляет 4; у *ae* их также 4, так как *ac* содержит 2 и *cb*—один, составляющий $^1/_2$ от *ac* и в том же самом воздухе, и один целый, находящийся вверху в тонком воздухе, что составляет 4. Итак, если расстояние [*ae*] не является ни удвоенным расстоянием *ag*, ни учетверенным расстоянием *ah*, то [отношение] восстанавливается [отрезком] *cb*, полуградусом плотного воздуха, который равноценен целому градусу воздуха, более тонкого, находящегося сверху. И так решена наша задача, а именно, что цвет *h*, *g*, *e* не меняется на разных расстояниях (Т. Р., 198).

О воздухе, расположенном между глазом и видимым предметом. Предмет будет казаться тем более или тем менее различимым на одном и том же расстоянии, чем более или чем менее разрежен воздух, расположенный между глазом и этим предметом. Следовательно, коль скоро известно, что большее или меньшее количество воздуха, расположенного между глазом и предметом, делает для глаза более или менее смутными границы этих тел, ты будешь делать пропадающие очертания (perdimenti delle notizie) этих тел в том же соотношении между собой, в каком находятся их расстояния от глаза наблюдателя (Е, 79об.).

Почему одна и та же открытая местность иногда представляется более или менее обширной, нежели она есть на самом деле? Открытые местности представляются иногда более или менее обширными, нежели они суть на самом деле, по причине промежуточного

воздуха, более плотного или более тонкого, чем обычно,—воздуха, который находится между горизонтом и глазом наблюдателя. Из горизонтов, одинаково удаленных от глаза, тот будет казаться более далеким, который видим сквозь более плотный воздух, и тот покажется более близким, который будет виден в более тонком воздухе. Один и тот же предмет, видимый с одинакового расстояния, кажется тем бо́льшим или тем меньшим, чем более плотен или чем более тонок воздух, находящийся между глазом и предметом. Если наблюдаемый предмет находится на расстоянии 100 миль и это расстояние заполнено воздухом однородным и тонким, и если тот же самый предмет наблюдать на расстоянии тех же 100 миль, которые заполнены воздухом однородным и плотным, вчетверо более плотным, нежели первый, то, без сомнения, те же самые предметы, видимые в первом тонком воздухе, а затем в плотном, покажутся в нем вчетверо бо́льшими, чем в тонком.

Предметы не равные друг другу, видимые с одинакового расстояния, покажутся равными друг другу, если плотность воздуха, находящегося между глазом и этими предметами, будет неодинаковой, т. е. плотный воздух будет находиться перед меньшим предметом. Это доказывается на основании перспективы цветов, благодаря которой большая гора, представляющаяся маленькой по своей величине, кажется больше, чем гора, находящаяся ближе к глазу. [Что она представляется маленькой по величине] можно наблюдать часто; например, палец, который мы приближаем к глазу, закрывает большую гору, удаленную от него на значительное расстояние (Т. Р., 144).

Ж и в о п и с ь. В пейзажах, изображающих зиму, не следует делать горы такими синими, как это обычно делается в пейзажах летних. И это доказывается 4-м [положением] этой [книги], гласящим: «Из гор, видимых с далекого расстояния, те окажутся более синего цвета, которые сами по себе являются более темными». Следовательно, когда деревья лишены своих листьев, они окажутся серого цвета, коль скоро листья — зеленого цвета. И насколько зеленый темнее

серого, настолько более синим покажется зеленый, чем серый. И по 2-му [положению] этой [книги] тени деревьев, одетых листвой, бывают тем темнее в сравнении с тенями деревьев, лишенных листвы, чем менее редкими являются первые в сравнении со вторыми. И так мы доказали то, что хотели.

Определение синего цвета воздуха объясняет, почему пейзажи синее летом, чем зимой (E, 19).

О живописи. На далеком расстоянии тот из не синих цветов будет больше причастен синему, который ближе к черному. И наоборот, тот цвет сохранит на далеком расстоянии свой собственный цвет, который наиболее отличен от этого черного.

Вот почему зелень полей больше преобразуется в синеву, нежели желтое или белое. И наоборот, желтое и белое меняются меньше, нежели зеленое и красное (L, 75).

О синеве воздуха и тумана

Отчего рождается воздушная синева? Воздушная синева рождается от толщи освещенного воздушного слоя, находящегося между верхним мраком и землею. Воздух сам по себе не обладает качеством ни запаха, ни вкуса, ни цвета, но вбирает в себя подобия предметов, которые расположены за ним; и тем более прекрасного синего цвета он будет, чем больший позади него мрак, если только не окажется он слишком большого протяжения и слишком плотной влажности. И на горах, там, где больше всего тени, с далекого расстояния видна наиболее прекрасная синева; и где гора освещена наиболее, там больше выступает ее собственный цвет по сравнению с цветом синевы, который придается ей воздухом, находящимся между нею и глазом (T. P., 243).

Воздух окрашивает в свой цвет предметы, которые он отделяет от глаза, тем больше, чем толще его слой. Поэтому если темный предмет отделен слоем воздуха толщиною в две мили, то такой предмет

окрасится больше, чем при слое воздуха толщиною в одну милю (Т. Р., 253).

О том, что светлота воздуха порождается водой, которая в нем растворена и которая образует неощутимые зернышки; принимая свет солнца на свою поверхность, они отражают светлость, видимую нами в воздухе, а лазурь, появляющаяся в нем, порождается тьмою, находящейся за этим воздухом (Leic., 20).

Опыт, который показывает, что за воздухом находится тьма, а потому он кажется синим. Пусть получается дым от сухих дров в малом количестве; на этот дым пусть ударяют солнечные лучи, а за ним помести кусок черного бархата, невидимого для солнца. Ты увидишь, что весь этот дым, располагающийся между глазом и темнотою, является в прекраснейшем голубом цвете. А если вместо черного бархата возьмешь белое сукно, то дым — пепельный.

О том, как вода, распыляемая наподобие атомов в темном месте, в которое проникает солнечная сфера, делает этот луч голубым, и в особенности если эта вода дистиллированная. И тонкий дым делает его голубым. Это сказано с целью показать, что синева воздуха производится темнотой, над ней находящейся; и вышеуказанные примеры следует привести тому, кого не убеждает опыт Монбозо (Leic., 36).

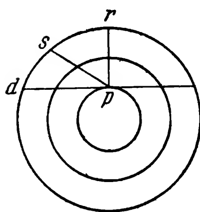
О цвете воздуха. Я утверждаю, что синева, в которой мы видим воздух, не есть его собственный цвет, а порождается он теплой влагой, испаряющейся мельчайшими и неощутимыми атомами. Ей вслед ударяют солнечные лучи, и она становится светлой ниже той темноты безмерного мрака, которая прикрывает ее сверху в области огня. И тот, кто поднимется на Момбозо [Монте-Роза], хребет Альп, отделяющих Францию от Италии, увидит это, как видел я. Подножие этой горы дает начало четырем рекам [Роне, Рейну, Дунаю и По], которые по четырем расходящимся направлениям орошают всю Европу; и ни одно горное подножие не находится на подобной высоте. Гора эта возносится в такую высь, что едва ли не

превосходит все облака; там редко выпадает снег, а только град летом, когда облака находятся на наибольшей высоте. И этот град там сохраняется, так что если бы не столь редко он выпадал и облака не столь редко поднимались бы туда (чего не случается и два раза за человеческий век), то там находилась бы огромная масса льда, образованного слоями града. В середине июля я нашел этот лед очень толстым. И воздух надо мной я видел темным, а солнце, ударявшее своими лучами в гору, было там значительно более светлым, нежели на низких равнинах, ибо между вершиной этой горы и солнцем располагался менее плотный слой воздуха.

Также в качестве примера, разъясняющего цвет воздуха, мы приведем дым, получающийся при горении сухих и старых дров. Выходя из труб, он кажется сильно отдающим синевой, если находится между глазом и темным местом; но когда он поднимется ввысь и очутится между глазом и освещенным воздухом, то сейчас же приобретает пепельный цвет. И происходит это оттого, что за ним больше нет темноты, место которой занял светлый воздух. А если дым получается от сырых и свежих дров, тогда он не будет иметь синеватого оттенка, ибо, лишенный прозрачности и полный избытка влаги, он играет роль сгустившейся тучи, получающей свет и тени подобно плотному телу. То же бывает с воздухом, когда он от избытка влаги становится белым, а при малом количестве влаги с теплом он становится темным, темнолазоревым. И сказанного достаточно о цвете воздуха. Впрочем, можно было бы еще сказать, что если бы воздух в качестве своего естественного цвета имел такую прозрачную синеву, то, при наличии большего воздушного слоя между глазом и стихией огня, получалась бы более темная синева, как это можно видеть на примере синих стекол и сапфиров, которые кажутся тем темнее, чем они толще. Между тем воздух в данном случае действует совершенно противоположным образом, ибо там, где он в большем количестве располагается между глазом и сферой огня, там он кажется более беловатым; и так бывает ближе к горизонту; и чем меньшая масса воздуха располагается между глазом и сферой огня, тем более темной кажется его синева, хотя бы мы и находились на низких

равнинах. Отсюда следует то, что я утверждаю: что воздух получает синеву, благодаря корпускулам влаги, которые освещаются лучами солнца. Надо обратить также внимание на разницу между атомами пыли или атомами дыма в солнечных лучах, проходящих через скважины в стенах в темные места: один луч кажется пепельным, а другой, проходящий через тонкий дым, кажется имеющим прекраснейшую синеву. Можно видеть и по темным теням гор, удаленных от глаза, что воздух, находящийся между глазом и такой тенью, кажется значительно более синим, тогда как на светлых частях таких гор он мало отклоняется от первоначального цвета. А тот, кто хочет получить последнее подтверждение, пусть раскрасит доску в разные цвета, в том числе — в прекраснейший черный цвет. Поверх всех этих цветов нужно наложить тонкий и прозрачный слой белил; тогда будет видно, что светлота этих белил ни на каком другом цвете не явит столь прекрасной синевы, как на черном. Но белила должны быть тонкие и хорошо размешанные (Leic., 4).

Обычная перспектива и об убывании цветов на далеком расстоянии. Воздух будет тем меньше причастен синему цвету, чем он ближе к горизонту, и тем темнее, чем он дальше от этого горизонта. Это подтверждается 3-м [положением] 9-й [книги], доказывающим: «То тело будет менее освещено солнцем, которое является более разреженным по своему качеству». Следовательно, стихия огня, облекающая воздух, будучи более разреженной и более тонкой, чем он, заслоняет для нас мрак, находящийся над нею, меньше, чем это делает воздух. Отсюда следует, что воздух, тело менее разреженное, нежели огонь, более освещается проникающими в него солнечными лучами. Они освещают бесконечное множество атомов[7], по нему рассеянных, и этот воздух доходит до наших глаз светлым. Вот почему, когда через него проникают образы вышепомянутого мрака, по необходимости белизна его кажется нам синей, как это доказано в 3-м [положении]



10-й [книги]; и он будет казаться нам имеющим тем более светлую синеву, чем более толстый слой окажется между этим мраком и нашими глазами. Так, пусть глаз наблюдателя находится в *p* и видит над собой слой воздуха *pr*, а затем, спускаясь несколько вниз, смотрит на воздух по линии *ps*. Этот воздух покажется ему более светлым по причине более толстого его слоя на линии *ps*, сравнительно с линией *pr*. И если глаз наклонится до горизонта, то увидит воздух почти вовсе лишенным синевы. Это получается оттого, что линия зрения проникает сквозь гораздо большее количество воздуха по прямой *pd*, нежели по наклонной *ps*. Итак, мы убедились в правильности нашего положения (Т. Р., 226).

Звезды видимы ночью, а не днем, потому, что мы находимся под плотным слоем воздуха, полного бесчисленных частиц влаги, каковые каждая порознь, ударяемые лучами Солнца, отражают блеск, так что бесчисленные сияния затмевают эти звезды. А если бы такого воздуха не было, то небо всегда бы являло нам звезды среди своего мрака (F, 5об.).

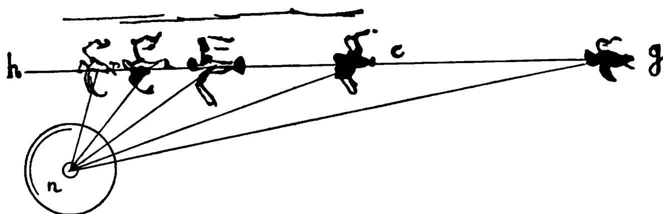
О зрительном восприятии движений

Если глаз неподвижен, перспектива заканчивается на расстоянии точкой; но если глаз движется по прямой линии, перспектива заканчивается линией, ибо доказано, что линия порождается движением точки, а наше зрение находится в точке, и отсюда следует, что тот, кто движет зрение, движет точку, а кто движет точку, произведет линию и т. д. (Е, 80об.).

Если глаз находится между двумя конями, бегущими к цели параллельным бегом, будет ему казаться, что они бегут, направляясь друг к другу.

Сказанное происходит оттого, что изображения коней, запечатлевающиеся в глазу, движутся по направлению к центру поверхности глазного зрачка (К, 120об.).

Когда птица летит по горизонтальной линии, кажется, что, чем более она приближается к глазу, тем более поднимается.



Пусть *gh* будет горизонтальная линия; *g* пусть будет птица, которая движется по линии *gc*, и глаз пусть будет *n*; я говорю, что изображения птицы с каждой ступенью движения поднимаются в зрачке на ступень высоты, так что глазу кажется, будто птица поднимается.

И если птица летит по горизонтальной линии, удаляясь от глаза, покажется, что с каждой ступенью движения она приобретает ступени понижения (К, 121об.).

Почему движение воды, хотя оно и более медленно, нежели движение человека, всегда кажется более быстрым? Причина заключается в следующем. Если ты смотришь на движение воды, твой глаз не может остановиться, а поступает наподобие того, что ты видишь на своей тени, когда идешь: если глаз всматривается в качество тени, в соломинки или другие предметы, заключенные в этой тени, они кажутся быстро движущимися и тебе будет представляться, что они убегают из этой тени быстрее, нежели движется сама тень (А, 58об. Т. А. II, 45).

Движение предмета, соседнего с другим, неподвижным, часто заставляет казаться, будто этот неподвижный предмет перенимает его движение, и движущийся кажется неподвижным и устойчивым (Tr., 38об.).

И снег вблизи кажется нам быстрым, а вдали— медленным. Ближний снег кажется нам непрерывной величиной, вроде белой нитки, а дальний кажется нам прерывным (Т. Р., 231 а).

Перспектива и движение. Всякое быстро движущееся тело кажется окрашивающим свой путь в подобие своего цвета. Это положение удостоверяется опытом. В самом деле: от быстрого змеящегося движения весь путь молнии, раздирающей темные тучи, походит на светящегося змея. Точно так же, если ты придашь головне круговое движение, то весь ее путь покажется тебе раскаленным кругом. Это связано с тем, что впечатление более быстро, чем суждение (А, 26об.).

О функциях глаза и его частей

О глазе. Поскольку глаз есть окно души, она находится в постоянном опасении потерять его, так, что если навстречу движется вещь, внезапно внушающая человеку страх, он спешит руками на помощь не к сердцу, источнику жизни, не к голове, убежищу повелителя чувств, не к слуху, не к обонянию или вкусу, но тотчас же к испуганному чувству: не довольствуясь закрыванием глаз веками, смыкаемыми с величайшей силой, и сейчас же отворачиваясь, — так как это еще не ограждает их, — кладет он на них одну руку и другую простирает вперед, образуя защиту от предмета своих опасений. И устроила природа помимо того так, что глаз человеческий сам себя веком ограждает, дабы во время сна незащищенный он не мог быть ничем поврежден.

Все сильно пугливые животные спят с открытыми глазами, как, например, ры[бы][8].

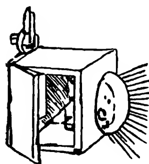
Предисловие к перспективе, т. е. о функции глаза. Смотри же, читатель, чему мы можем верить у наших древних, которые хотели определить, что такое душа и жизнь, вещи недоказуемые[9], тогда как то, что в любое время может быть ясно познано и доказано опытом, было в течение стольких столетий незнаемо и ложно истолковываемо! Глаз, который столь ясно раскрывает в опыте свою функцию, до моих времен был бесчисленными авторами определяем одним способом; я путем опыта нахожу, что он иной (С. А., 119об. а).

Нашел я в составе человеческого тела, что из всех составов животных оно имеет наиболее тупые и грубые ощущения и состоит из органов менее проницательных и из участков менее восприимчивых к способности ощущения; я увидел, что у породы львов чувство обоняния имеет долю субстанции мозга и емкие вместилища спускаются в ноздри навстречу чувству обоняния, которое меж большого числа хрящеватых мешочков идет многими путями навстречу названному мозгу.

Глаза у львиной породы имеют вместилищем бóльшую часть головы их, и зрительные нервы непосредственно соединяются с мозгом; у человека—наоборот: полости глаз составляют малую часть головы, и зрительные нервы тонки, длинны и слабы и слабым действием видят днем и еще хуже ночью, а названные животные видят ночью, как днем, и знак того — что ночью идут они на добычу, а днем спят, как делают и птицы ночные (W. An. B, 13).

Зрачок (popilla) глаза расположен в середине роговой оболочки (luce), которая имеет вид части сферы, в середине своего основания содержащей зрачок. Эта роговая оболочка, будучи частью сферы, воспринимает все подобия предметов и через зрачок посылает их внутрь, в место, где совершается зрение. При анатомировании глаза, для того чтобы хорошо разглядеть внутри, не проливая его влаги, надобно положить глаз в яичный белок и прокипятить и укрепить, разрезая яйцо и глаз поперек, дабы средняя часть не пролила ничего вниз (K, 119).

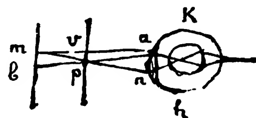
Чтобы увидеть, какую функцию выполняет роговая оболочка (luce) в отношении зрачка (popilla), вели сделать из хрусталя нечто подобное роговой оболочке глаза (K, 118об.).



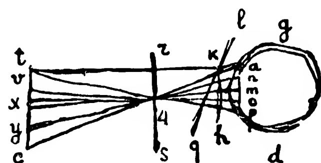
Как сделать свет прекрасным и большим (C. A., 9об. b).

Почему образы какого-либо тела, проходящего через какое-нибудь отверстие к глазу, запечатлеваются в зрачке (popilla) перевернутыми, а чувство видит их неперевернутыми? Зрачок глаза, воспринимающий через очень

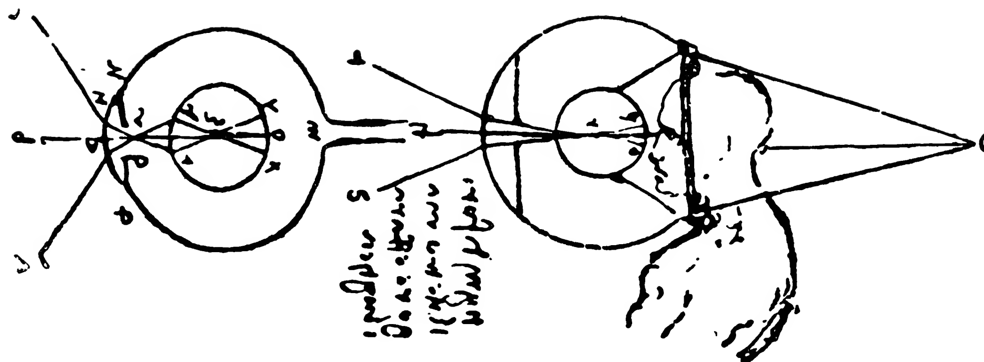
маленькое круглое отверстие образы тел, расположенных за отверстием, воспринимает их всегда перевернутыми, и тем не менее зрительная сила видит их в том месте, где они действительно находятся. Происходит это оттого, что названные образы проходят через центр хрусталика, находящегося в середине глаза, и в этом центре соединяются в одну точку, а затем расходятся на противолежащей поверхности этой сферы, не уклоняясь от своего прямого направления. И на такой поверхности образы всегда переворачиваются в соответствии с предметом, который является их причиной, а оттуда они принимаются чувствилищем и направляются к общему чувству, которое о них судит.



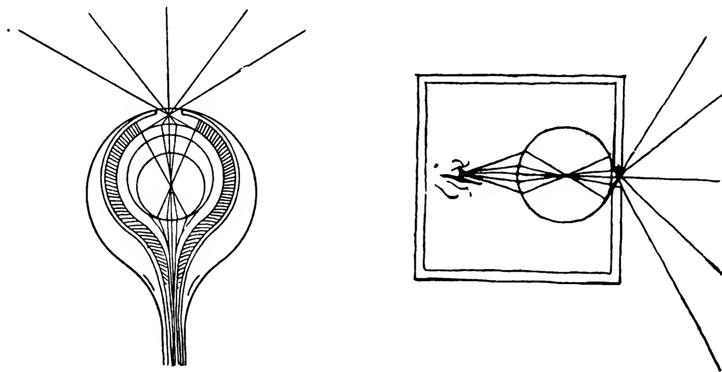
Доказательство, что это так: пусть *an* — зрачок глаза *kh*, и пусть маленькое круглое отверстие, сделанное в картоне тонким острием иглы, будет *p*, а предмет, находящийся по ту сторону такого отверстия, пусть будет *mb*. Я утверждаю, что верхняя часть такого предмета не может достигать верхней части глазного зрачка по прямой линии *ma*, так как в *v* мешает проходу находящийся между ними картон; этот верхний край *m* по прямому пути проходит через отверстие в нижнюю часть зрачка (popilla), в *n*, иначе говоря, в нижнюю часть хрусталика (spera cristallina), а оттуда направляется к его центру и поднимается к верхней стороне противолежащей части, а оттуда движется к так называемому общему чувству.



Здесь изображен опыт, удостоверяющий в наличии такого пересечения: пусть *gd* — глаз, зрачок которого *np* смотрит через отверстие *q*, сделанное в картоне *rs*, на предмет *tc*. Я утверждаю: если ты будешь двигать иглу *lq* сверху вниз около зрачка по линии *kh*, ее движение будет тебе казаться происходящим по ту сторону отверстия *q* в противоположном направлении, в каком оно происходит по сю сторону его. Так что самая низкая часть по ту сторону отверстия



Модель человеческого глаза (D, 3об.).



Ход лучей в человеческом глазе и эскиз камеры обскуры (С. А., 337а)

при опускании иглы находится на линии *ny*, т. е. на линии, самой высокой по сю сторону отверстия и самой низкой по ту сторону его. И так, продолжая опускать иглу перед зрачком по сю сторону отверстия, ты обозначаешь противоположное движение по ту сторону такого отверстия, ибо когда ты опускаешься по сю сторону по фронту линий *anmop*, ты поднимаешься по ту сторону по фронту линий *cyxvt*. Следовательно, игла, которая касается линии *ac*, закрывает положение *c*. И если ты опускаешь эту иглу к линии *ny*, ты закрываешь по ту сторону отверстия положение *y* и т. д., вплоть до конца движения (D, 2об.).

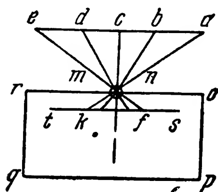
Исследовать на опыте, каким образом зрительная способность пользуется органом глаза. Для того чтобы на опыте исследовать, как зрительная способность принимает образы предметов в глазу, своем органе, нужно сделать стеклянный шар, $^5/_8$ локтей в диаметре, и затем удалить в нем с одной стороны столько, чтобы без труда можно было поместить лицо, до ушей, а затем на дне утвердить дно ящика в $^1/_3$ локтя, с отверстием в середине, в четыре раза бо́льшим, нежели зрачок глаза, или около того, — это не имеет значения. Кроме того, надо укрепить шар из тонкого стекла диаметром в $^1/_6$ локтя. Когда это сделано, наполни всё прозрачной и светлой водой и погрузи взор в эту воду, смотри в шар и примечай,—ты увидишь, что такой инструмент будет посылать образы *st* к глазу, как глаз посылает их зрительной способности.

Окрась снаружи большее стекло и получишь радужную оболочку (uvea) (D, 3об.).

Чувствилище (impressiva), расположенное за сферой стекловидной влаги (omore glaciale), возвращает образам их правильное положение (С. А., 222об. а).

Стекловидная сфера помещена в середине глаза для того, чтобы придавать настоящее положение образам, которые пересекаются в отверстии зрачка, — правое делать опять правым и левое — левым,

при вторичном пересечении, происходящем в центре этой стекловидной сферы (D. 3об.).



О том, как изображения предметов, принимаемые глазом, пересекаются в водянистой влаге (omore albugino). Опыт, показывающий, как предметы посылают свои изображения или подобия, пересекающиеся в глазу в водянистой влаге. Это станет ясно, когда сквозь маленькое круглое отверстие изображения освещенных предметов проникнут в очень темное помещение; тогда ты уловишь такие изображения на белую бумагу, расположенную внутри указанного помещения неподалеку от этого отверстия, и увидишь все вышеназванные предметы на этой бумаге с их собственными очертаниями и красками, но будут они меньших размеров и перевернутыми по причине упомянутого пересечения. Такие изображения, если будут исходить от места, освещенного солнцем, покажутся словно нарисованными на этой бумаге, которая должна быть тончайшей и рассматриваться с обратной стороны, а названное отверстие должно быть сделано в маленькой, очень тонкой железной пластинке. Пусть *a*, *b*, *c*, *d*, *e* — указанные предметы, освещаемые солнцем, *or* — фасад темного помещения, где *nm* — указанное отверстие. Пусть *st* — указанная бумага, на которой пересекаются лучи изображений этих предметов, навыворот, ибо поскольку их лучи прямые, правый предмет *a* становится левым в *k*, а левый предмет *e* становится правым в *f*. И то же получается внутри зрачка (popilla) (D, 8).

Поскольку образы предметов находятся все во всем противолежащем им воздухе и все в каждой его точке, необходимо, чтобы образы нашей гемисферы со всеми небесными телами входили и выходили через одну естественную точку, в которой они сливаются и соединяются во взаимном проникновении и пересечении, при котором образы луны на востоке и образы солнца на западе соединя-

ются и сливаются в такой естественной точке со всей нашей гемисферой.

О чудесная необходимость, ты с величайшим умом понуждаешь все действия быть причастными причин своих, и по высокому и непререкаемому закону повинуется тебе в кратчайшем действовании всякая природная деятельность! Кто мог бы думать, что столь тесное пространство способно вместить в себе образы всей вселенной? О, великое явление, чей ум в состоянии проникнуть в такую сущность? Какой язык в состоянии изъяснить такие чудеса? Явно, никакой. Это направляет человеческое размышление к созерцанию божественному и т. д.

Здесь фигуры, здесь цвета, здесь все образы частей вселенной сведены в точку. Какая точка столь чудесна?

О, дивная, изумляющая необходимость, ты понуждаешь своими законами все действия быть кратчайшим путем причастными причин своих!

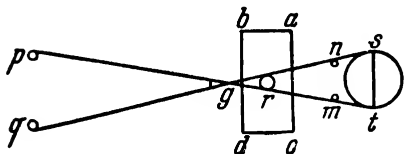
Это чудеса, которые 〈...〉.

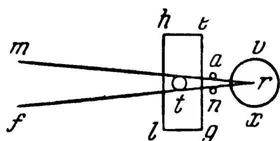
в таком ничтожном пространстве может вновь родиться и вновь составиться в своем протяжении...

Напиши в своей «Анатомии», в каком отношении стоят друг к другу все сферы глаза и на каком расстоянии от них находится сфера хрусталика (С. А., 345об. b).

О пересечении образов в зрачке глаза. Пересечение образов при входе в зрачок (popilla) не приводит к смешению одного с другим в том пространстве, где это пересечение сходится. Это становится явным, когда солнечные лучи проходят через два стекла, соприкасающиеся одно с другим, причем одно стекло синее, а другое желтое. Тогда луч, в них проникающий, не окрасится ни в синий, ни в желтый, а в прекраснейший зеленый цвет. И то же случилось бы с глазом, если бы образы желтого и зеленого цветов при своем пересечении у входа в зрачок должны были бы смешиваться друг с другом. Но так как этого не бывает, то не существует и подобного смешения (W, 19152).

О том, верно ли, что любая часть зрачка (popilla) обладает зрительной способностью и что такая способность не сведена в точку, как думают перспективисты, т. е. что все образы предметов идут к глазу по пирамидам и сходятся под углом, по которому и судят о видимом предмете. Здесь опыт показывает обратное.



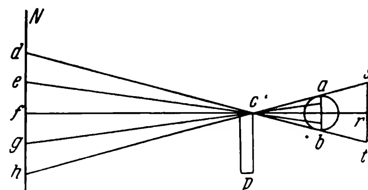


Опыт производится так. Пусть большой иглой будет сделано в куске картона отверстие, величиною примерно в просяное зерно, и этот картон поставлен против зрачка глаза на расстоянии трети или четверти локтя. Через это отверстие смотри на воздух *pq*. Далее, помести эту иглу или соломинку между зрачком твоего глаза и названным отверстием в картоне, однако позаботься, чтобы эта игла находилась около глаза, касаясь концов его ресниц. Далее двигай эту иглу вниз и вверх, вправо и влево, навстречу твоему зрачку, и ты ясно увидишь в воздухе, что по ту сторону такого отверстия образ этой иглы совершает все движения, противоположные тем, которые ты будешь производить иглой между твоим глазом и вышеуказанным отверстием.

Причина того, что было сказано выше, заключается в следующем: зрительная способность распределяется по всему зрачку глаза, и в любой его точке постигаются образы предметов, находящихся перед этим глазом. Если бы это не было так, указанный опыт не имел бы места. Сказанное доказывается так. Обозначим зрачок глаза кружком *st*; картон, поставленный перед глазом на расстоянии $^1/_3$ локтя, пусть будет *abcd*; в нем пусть будет сделано величиною с зерно проса отверстие *r*; толщина иглы, расположенной возможно ближе к глазу, пусть будет *n* и пусть она медленно движется по сю сторону названного отверстия *r* из *n* в *m*. Тогда ты увидишь образ этой иглы

двигающимся в воздухе по ту сторону этого отверстия из *q* в *p*, т. е. в противоположном направлении. И это происходит оттого, что в начале такого движения игла спускается из *n* в *m*, а образ ее в воздухе поднимается из *q* в *p* и всегда пересечение прямых линий подобных образов, или, если угодно, тени такой иглы, будет в точке *g*. И так по ту сторону отверстия всегда будет меняться всякое движение, совершаемое в каком-либо направлении. Если бы зрительной способности не было в *s*, ты не видел бы образа такой иглы в *q*, а если бы ее не было в *t*, ты не видел бы его в *p*. То же приложимо к любой части этого зрачка.

Противник утверждает, что такое видение происходит под углом, т. е. в точке, и что такая точка даст тот же самый результат, который давала и иголка вместе с отверстием в бумаге, и что это не может быть иначе. Пусть будет дана точка *r* в зрачке *vx*, а *hegl* пусть будет бумага, в которой сделано отверстие *t*; *a*— игла, опускающаяся в *n*. Ее подобие по ту сторону отверстия представится движущимся в противоположном направлении: оно будет двигаться из *f* и поднимется в *m*. Утверждающему это ответ гласит: в данном случае не принято во внимание 9-е [положение] 1-й [книги], в котором говорилось, что всякое видение, осуществляемое глазом в однородной среде, происходит по прямой линии, и иголка *a*, находящаяся перед точкой *r*, закроет на прямой линии *rm* точку *m*, а когда она опустится в *n*, то закроет на прямой линии *rf* точку *f*. Итак, мы вывели то, что намеревались доказать (D, 4об.).



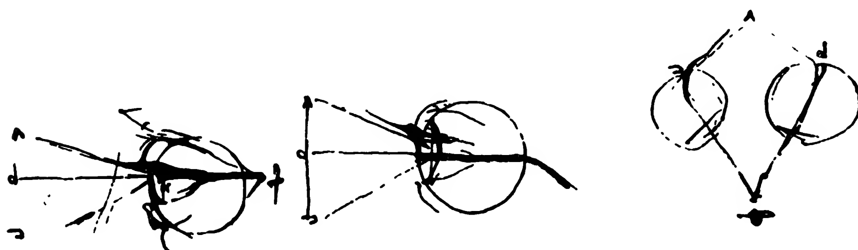
Почему глаз не распознает границы тел? Глаз никогда не будет способен постичь истинную границу в очертаниях какого-либо тела, находящегося на далеком фоне. Доказательство: пусть зрачок глаза — *ab*, а тело, находящееся против глаза, — *cp*. Отметим его верхний край буквой *c*, а фон, на

котором этот край должен быть виден глазом, пусть будет *nm*. Я утверждаю, что край такого тела не будет заметен на этом фоне, где он кончается. И это доказывается с помощью 3-го [положения] настоящей [книги], гласящего: «Зрительная способность не заключена в точке, как это хотелось бы живописцам-перспективистам, но вся находится во всем зрачке, откуда образы предметов проникают внутрь глаза из пространства большего, чем величина такого зрачка». Но образы тем отчетливее познаются, чем они ближе к центру зрительной способности, заключенной в указанном пространстве; они тем менее отчетливы, чем они дальше от этого центра. Следовательно, если способность *ab* видит конец предмета *c*, то центральная линия зрительной способности *r* видит *c* в части фона *f*; ее верхний край (т. е. *s*) видит *c* на фоне *h*, а нижний край этой зрительной способности видит *c* на фоне *d*. В итоге она видит его на всем фоне *dh*. Следовательно, такой край не улавливается глазом, ибо ощущение зрительной способности разлито по всей этой способности, и она передает судящей части смутный образ границы этого края *c*, и тем более или менее отчетливый, чем граница ближе или дальше от центральной линии зрительной способности, и тем более или менее смутный, чем она дальше или ближе к глазу.

Но края нарисованных вещей (поскольку они неотделимы от той плоскости, на которой изображаются) не подчинены указанному расплыванию. Вот почему картины, находящиеся близко к глазу, должны быть написаны с границами менее явственными, нежели [действительные] границы далеких тел и в этом ты наглядно убедишься, сравнивая верхнюю границу тела, сначала находящегося поблизости от глаза, а затем удаленного от него (D, 10об.).

О г л а з е. Глаз есть инструмент со сферической поверхностью, который посредствует между предметом и общим чувством. И эта сферическая поверхность принимает в себя все подобия вещей, находящихся против нее; и те, которые находятся в середине между другими, с меньшей ошибкой постигаются чувством, а те, которые находятся дальше, постигаются хуже.

Совершенно ясно, что глаз не мог бы познать предметы, если бы образы не приходили к нему по прямой линии, и тот предмет будет познаваться менее, который более уклонится от названной линии. Следовательно, если в глубине глаза *f* находится первая степень постижения (giudizio), то на поверхности *n* — последняя, и тот предмет,



который окажется на линии *fn*, будет лучше постигаться чувством, нежели на линии *bn*; точно так же на *nc* и *na* предметы постигаются плохо, потому что прямизна их линий кончается в *n*, что образует тупой угол и последнюю степень постижения в чувствилище *fn*.

Если глаз должен смотреть на предмет, находящийся слишком близко, он не может правильно судить о нем. Так случается с тем, кто хочет посмотреть на кончик собственного носа. Отсюда в виде общего правила природа нас поучает, что вещь будет увидена в совершенстве только в том случае, если промежуток между глазом и видимым предметом по меньшей мере равен величине лица (grandezza del viso) (C. A., 138об. b).

Если бы зрительная способность возникала в центре глаза, то все видимые предметы имели бы одинаковую величину, ибо всякий центр неделим, и каждый образ в отдельности и много вместе, достигнув этой точки, становились бы неделимыми; а поскольку все неделимые одинаковы, любой видимый предмет казался бы имеющим одну и ту же величину.

Все образы предметов, которые должны проходить от одной поверхности сферических прозрачных тел к другой, по необходимости движутся через центр такого тела, а потому образы должны

переворачиваться, и так как центр неделим, то ни один самый малый предмет не может пройти через него, не становясь неделимым и не переворачиваясь в пересечении.

Следовательно, если поверхность глаза передает чувствилищу образы, посылаемые к ней от противостоящих предметов, через сферическое тело, находящееся в середине глаза, необходимо, чтобы образы пересекались и переворачивались, достигая чувствилища, и это соображение, повидимому, подтверждает, что уже произошло одно пересечение перед сферическим телом. Первое пересечение переворачивало образы снизу вверх, а второе пересечение в сферическом теле переворачивает их сверху вниз, и таким образом, чувствилище видит их в прямом положении.

Если ты поставишь перед глазами стеклянный шар, то тебе покажется, что все образы предмета, проходящие через него, перевернуты; а если поставишь два один за другим, то тебе покажется, что образы в первом из шаров, ближе к глазу, принимают свое естественное положение.

И разум, казалось бы, убеждает нас, что не существует столь тонкого предмета, который, будучи помещен около точки глаза, не заслонял бы образы любого большого предмета; тем не менее, мы видим, что если поместить предмет по величине равный зрачку, который касался бы глазных век, он не заслонит ни один из предметов, расположенных против глаза.

Если ты возьмешь стеклянное полушарие и наденешь его на лицо, хорошо укрепив его против глаз, и наполнишь его прозрачной водой, то увидишь все предметы, видимые для поверхности этого полушария, так, как будто ты глядишь на то, что находится у тебя за плечами (С. А., 222 а).

О глазе. Если глаз, привыкший к тьме, внезапно видит свет, то получает повреждение; почему сразу же закрывается, будучи не в силах этот свет вынести. Случается это потому, что зрачок, желая познать какую-нибудь вещь в привычной темноте, увеличивается в размерах, прилагая всю свою силу, чтобы послать чувствилищу

подобие темных вещей. И когда свет попадает внезапно, то очень значительная часть ранее омраченного зрачка повреждается от внезапно находящего блеска, совершенно противоположного обычной и привычной для глаза тьме, стремясь в ней остаться и не без ущерба для глаза покидая свое состояние.

Можно было бы еще сказать, что боль, испытываемая темным глазом от внезапного света, проистекает от внезапного сокращения зрачка, не бывающего без внезапного прикосновения и трения о чувствительные части глаза. И если хочешь видеть это на опыте, взгляни и всмотрись хорошенько в величину зрачка человека, смотрящего на темное место, затем поставь перед ним свечу, быстро приближаемую к глазу, и увидишь внезапное уменьшение его зрачка (C, 16).

Живопись. 1-е. Зрачок глаза уменьшается в своем объеме настолько, насколько возрастает светлое тело, которое в нем запечатлевается. 2-е. Настолько возрастает зрачок глаза, насколько уменьшается светлота дня или другого света, в нем запечатлевающегося. 3-е. Настолько интенсивно видит и познает глаз предметы, находящиеся перед ним, насколько шире становится его зрачок, и это мы можем доказать на примере ночных животных — кошек и некоторых птиц, каковы филин (bufo) и т. п., у которых зрачок весьма значительно варьирует, от большого до малого и т. д., в темноте и при освещении. 4-е. Глаз, находящийся в освещенном воздухе, видит темноту в окнах жилищ, которые на самом деле освещены. 5-е. Все цвета, находящиеся в тенистых местах, кажутся одинаковой темноты между собою. 6-е. Наоборот, все цвета, находящиеся в светлых местах, никогда не теряют своего существа (E, 17об.).

О глазах животных. Глаза всех животных имеют зрачки, которые сами собою увеличиваются и уменьшаются соответственно более яркому и менее яркому свету солнца или другого светлого тела. Но у птиц эта разница наибóльшая и в особенности у ночных птиц, каковы филины, сычи и совы, являющиеся видами совиных. У них зрачок увеличивается настолько, что занимает почти весь глаз, и, наоборот, уменьшается до величины просяного зерна,

причем всегда сохраняет круглое очертание. А у породы львов, к которой принадлежат пантеры, леопарды, тигры, рыси, испанские кошки и т. п., зрачок, уменьшаясь, изменяется от совершенного круга до биангулярной формы [т. е. вертикальной щели]... Что касается человека, поскольку из всех животных он обладает наиболее слабым зрением, его зрачок менее страдает от избытка света и менее расширяется в темных местах. Возвращаясь к глазам вышеназванных ночных животных, мы скажем, что у филина (bufo cornuto), птицы, самой крупной из ночных птиц, зрительная способность возрастает настолько, что при малейшем ночном свете (который мы называем тьмою) он видит гораздо лучше, чем мы в полдень, когда такие птицы прячутся в места, полные мрака, а если всетаки они вынуждены появляться в воздухе, освещаемом солнцем, то настолько сокращают свой зрачок, что зрительная сила уменьшается вместе с количеством проникающего света.

Произведи анатомирование разнообразных глаз и посмотри, какие мускулы расширяют и сокращают зрачки в глазах животных (G, 44).

О перспективе. Глазу, который уходит от белого предмета, освещенного солнцем, и который перемещается в менее светлое место, всякий предмет покажется темным. И это происходит оттого, что глаз, находившийся около белого освещенного предмета, сокращает свой зрачок так, что если сначала он имел освещенную поверхность, то теперь он потерял более $^3/_4$ этой поверхности, а потеряв, потерял и в силе.

Впрочем ты мог бы сказать мне: маленькая птица соответственно увидала бы весьма мало и для ее маленьких зрачков белое показалось бы черным. На это я тебе отвечу, что здесь принимается во внимание отношение к величине той части мозга, которая отведена для зрительной способности, — и больше ничего.

Возвращаюсь теперь к начатому рассуждению: зрачок наш растет и уменьшается в зависимости от светлоты или темноты предмета который он видит; и так как это возрастание и уменьшение требует некоторого времени, он не может видеть так быстро, когда уходит

от света и переходит в темноту, а равным образом переходя от темноты к свету. И это уже меня однажды обмануло, когда я рисовал глаз, и на этом я научился сказанному (Forst. II, 158об.).

Зрачок глаза, находясь на открытом воздухе, с каждой ступенью движения, совершаемого солнцем, изменяет степень своей величины. И с каждой степенью его величины один и тот же видимый предмет покажется различных размеров, хотя часто сопоставление с окружающими вещами не позволяет распознать подобные перемены в предмете, на который мы смотрим (I, 20).

Опыт над возрастанием и уменьшением зрачка при движении солнца или другого светлого тела. Чем темнее небо, тем крупнее покажутся звезды, и если ты осветишь среду, то эти звезды покажутся меньшими. Такое изменение порождается единственно зрачком, который возрастает и сокращается благодаря светлоте среды, находящейся между глазом и светлым телом. Произведем опыт со свечой, подняв ее выше головы в то время, когда ты смотришь на звезду, затем постепенно опуская названную свечу до тех пор, пока она приблизится к линии, идущей от звезды к глазу, — тогда ты увидишь: звезда уменьшится настолько, что ты почти потеряешь ее из виду (I, 19об.).

Все видимые предметы покажутся крупнее в полночь, чем в полдень. Это происходит оттого, что зрачок глаза значительно меньше в полдень, нежели в какое-либо другое время дня. Во сколько раз глаз или зрачок филина больше, чем зрачок человека (сравнивая их в пропорции со всем телом животного), во столько раз больше света видит филин ночью по сравнению с человеком. Вот почему он ничего не увидит в полдень, если не уменьшит своего зрачка, и точно так же ночью он видит предметы крупнее, чем днем (H, 86).

О живописи. Если глаз находится в светлом воздухе и видит тенистое место, то такое место ему покажется более темным, чем на самом деле. Это происходит только оттого, что находящийся в воздухе сокращает свой зрачок тем более, чем светлее воздух, в нем

отражающийся. А чем более сокращается этот зрачок, тем менее светлым являет себя видимый предмет. Но как только глаз попадает в какое-нибудь тенистое место, сразу же ему покажется, что темнота тени уменьшилась. Это происходит оттого, что, чем темнее воздух, в который попадает зрачок, тем более возрастает величина зрачка, и это возрастание приводит к тому, что великая темнота кажется уменьшившейся (L, 41об.).

Тот зрачок, который больше, увидит предметы более крупными. Это явствует, когда мы смотрим на светлые тела и в особенности небесные: если глаз выйдет из мрака и внезапно бросит взор на эти тела, они покажутся ему крупнее, а потом уменьшатся. А если ты взглянешь на эти тела через маленькое отверстие, то увидишь их меньшими, ибо в таком случае участвует меньшая часть зрачка (H, 88).

Если глаз, выходя из мрака, внезапно увидит светлое тело, то это тело на первый взгляд покажется ему значительно крупнее, чем при продолжительном смотрении на него. Светлое тело покажется крупнее и светлее, если смотреть на него двумя глазами, а не только одним. То светлое тело покажется меньшего объема, которое будет наблюдаемо через меньшее отверстие глаза. То светлое овальное тело покажется более округлым, которое будет находиться на большем расстоянии от глаза (H, 91об.).

Тот предмет будет казаться более светлым и крупным, который видим бо́льшим зрачком. В этом можно убедиться на опыте с нашими глазами. В самом деле, если ты сделаешь сколь возможно малое отверстие в картоне, поставишь его сколь возможно ближе к глазу и станешь смотреть на звезду, то в этом случае может участвовать лишь небольшая часть зрачка, которая видит эту звезду с большим участком неба вокруг нее и видит ее такой малой, что не найдется, казалось бы, вещи еще меньшей. Но если ты сделаешь другое подобное отверстие около края названного картона, ты сможешь одновременно видеть другим глазом ту же звезду и она покажется тебе крупной.

Таким образом, в указанное время ты будешь видеть обоими глазами одну звезду дважды, одна из них—маленькая, а другая — крупная. Ты сможешь также видеть все тело Солнца с незначительной яркостью, ибо чем сильнее уменьшается величина, тем сильнее в той же пропорции уменьшается яркость, как было изложено выше. И отсюда следует, что большие зрачки мало видят днем, так как избыток света мешает зрению (D, 5).

Зрачок глаза получает столь разнообразные размеры, сколь разнообразна светлота и темнота предметов, которые предстают перед ним. В этом случае природа пришла на помощь зрительной способности, которая, будучи поражаема чрезмерным светом, имеет возможность сокращать зрачок глаза и, поражаемая различной темнотой, шире раскрывать это светлое отверстие, наподобие отверстия кошелька. И природа поступает здесь как тот, у кого в помещении слишком много света, — закрывающего половину окна, больше и меньше, смотря по надобности; и когда приходит ночь, он открывает все окно, чтобы лучше видеть внутри названного помещения. И природа прибегает здесь к постоянному выравниванию, непрестанно умеряя и устроя, увеличивая и уменьшая зрачок, соразмерно названным градациям темноты и света, непрестанно перед ним возникающим. Ты убедишься в этом на опыте, наблюдая ночных животных, каковы кошки, филины, совы и т. п., у которых в полдень зрачок маленький, а ночью огромный. То же бывает у всех животных земли, воды и воздуха, но в несравненно большей мере у животных ночных. И если хочешь это проверить на опыте с человеком, смотри пристально на зрачок его глаза, держа зажженную свечу на некотором расстоянии, и вели ему смотреть на этот свет: если ты постепенно станешь приближать его, то зрачок станет все больше сокращаться по мере приближения к нему такого света.

Видит ли глаз одновременно светлые и темные предметы? Хрустальная влага, находящаяся в зрачке, сгущается при виде светлых предметов и разрежается при виде предметов темных. И что это так, становится явным при закрывании глаза, ибо сохранившиеся образы,

являвшиеся образами светлых предметов, видятся темными, а темные представляются светлыми. И это происходит больше в слабых глазах, чем в сильных, и об этом я полнее скажу в своем месте (D, 5об.).

Продолжение о глазе ночных животных, которые лучше видят ночью, чем днем. Как уже было сказано раньше, это по большей части происходит оттого, что разница в увеличении и уменьшении зрачка гораздо значительнее у ночных животных, нежели у дневных. В самом деле, если диаметр человеческого зрачка ночью удваивается (т. е. зрачок становится вчетверо больше, чем днем), то диаметр у филина или совы возрастает в 10 раз по сравнению с дневным зрачком, что означает в целом возрастание дневного зрачка [ночью] в 100 раз. Кроме того, желудочек в мозгу человека, называемый чувствилищем (imprensiva), более чем в 10 раз больше всего человеческого глаза; зрачок, являющийся причиной зрения, составляет менее чем $^{1}/_{1000}$ часть этого глаза, а у филина зрачок ночью значительно больше, чем желудочек чувствилища, находящегося в его мозгу. Следовательно, отношение чувствилища к зрачку у человека больше, чем у филина, поскольку у человека чувствилище в 10 000 раз больше, нежели зрачок, а у филина они почти равны. И это чувствилище у человека в сравнении с чувствилищем у филина подобно большой зале, освещаемой сквозь маленькое отверстие, и маленькой открытой зале: в большой зале в полдень — ночь, а в маленькой открытой в полночь — день, если погода не туманная. Таким путем, посредством анатомирования глаза и чувствилища этих двух животных, т. е. человека и филина, станут явными более важные вещи (D, 5).

Глаз, который очутится ночью между светом и глазом кошки, увидит, что этот глаз покажется огненным (H, 109).

Зрачок совы [см. нижний правый рис. на стр. 725]. Зрачок человека [нижний левый рис.].

Зрачок *c* показывает величину его в дневное время, т. е. при наибольшем свете дня; *ac* показывает, как он увеличивается при наи-

большей темноте ночи; и так он переходит от большей к меньшей величине в зависимости от большей или меньшей темноты ночи.

Зрачок кошки [см. верхний рисунок].



Если мрак ночью имеет на 100 степеней темноты больше, нежели вечером, а зрачок человеческого глаза в это время удваивает свою величину, то мрак этот уменьшается вполовину для этого глаза, потому что зрительная способность увеличилась вдвое. Следовательно, остается 50 степеней темноты у мрака.



И если глаз совы увеличивает до 100 раз свой зрачок в названной тьме, то зрительная способность возрастает в 100 раз, что дает прирост зрительной способности в 100 градусов; и так как равные вещи не одолевают одна другую, птица видит во тьме зрачком, увеличенным в 100 раз, как днем — зрачком, уменьшенным на $^{99}/_{100}$. И если ты скажешь, что такое животное не видит дневного света, а потому и прячется, на это тебе ответ, что птица только потому прячется днем, чтобы избавиться от стаи птиц, которые всегда во множестве окружают ее с большим шумом; и часто совы были бы мертвы, не укрывайся они в гротах и пещерах больших скал.

Из ночных животных только у породы львов зрачок увеличивается и уменьшается, изменяя свою форму, поскольку при предельном своем уменьшении он имеет продольную, при среднем — овальную и при наибольшем увеличении — круглую форму.

Вопрос: когда зрачок имеет продольную форму, кажутся ли тогда круглые или сферические предметы длинными или круглыми? (С. А., 262 d).

abn — нижнее веко (coperchio), которое закрывает глаз снизу вверх непроницаемым покровом; *cnb* закрывает глаз спереди назад прозрачным покровом. Закрывается снизу вверх, так как птица спускается сверху. Когда глаз птиц закрывается обоими своими веками,

то сначала закрывается второе, прикрывающее слезницу в заднем углу этого глаза, а первое закрывается снизу вверх. И оба эти пересекающиеся движения прикрывают сначала слезницу, ибо мы уже видели, что спереди и снизу глаз огражден. Открытой остается только верхняя часть — из-за угрозы хищных птиц, налетающих сверху или сзади. И сначала птицы открывают перепонку (pannicolo) со стороны заднего угла глаза, чтобы иметь возможность, когда враг налетает сзади, спасаться бегством, устремляясь вперед. При этом птица закрывает вторую прозрачную перепонку, ибо если бы она не имела этого щита, то не могла бы держать глаза открытыми против ветра, ударяющего в них при ее стремительно быстром полете. И зрачок птицы расширяется и сокращается, видя меньший или больший свет, т. е. сияние (B. M., 64об.).



О субъективных зрительных ощущениях

Почему глазу, смотревшему на свет, место, умеренно освещенное, кажется темным, и вместе с тем при выходе из мрака такое место ему кажется очень темным? (B. N. 2038, 23об.).

Роговая оболочка (luce), переворачивающая в процессе зрения видимые предметы, на некоторое время задерживает образы их. Это заключение подтверждается результатами, ибо зрение, видя свет, на некоторое время удерживает его. И после смотрения остаются в глазу подобия видимого предмета, заставляя казаться темным менее освещенное место, до тех пор, пока в глазу не пропадет след впечатления от более яркого света (C. A., 203 a).

Почему светящиеся тела являют свои края полными прямых светлых лучей? Лучи, показывающиеся нам на границах светлых тел, происходят не от этих тел, а от их образа, который запечатлевается в толще покровов глаз, глядящих на эти предметы. Доказывается, во-первых, убедительным образом тем,

что глаз, широко открытый, не являет нам подобных лучей вокруг светлых тел. И если образ звезды или другого источника света достигает глаза сквозь очень малое отверстие, сделанное в картоне и приставленное к этому глазу, то всегда подобное светлое тело оказывается без лучей. Но настоящее доказательство дает 9-е [положение] «Перспективы», в котором говорится: «Угол падения всегда равен углу отражения»; следовательно, лучи, казалось бы исходящие от светлого тела, возникают при соприкосновении с видящим его глазом, когда глаз, как бы сжавшись, смотрит через узкую скважину между глазными веками на такое светлое тело. Образ его запечатлевается, как в зеркале, в толще краев, которыми кончаются веки, и затем, запечатлевшись, отражается к зрачку глаза. Зрачок воспринимает три образа одного и того же светлого тела, а именно: два — от толщи глазных век и один — поступающий к нему от предмета. И так как эти три образа находятся очень близко один от другого, глазу кажется, что они представляют одно сплошное целое и соединены с образом зрачка. Доказательство, которое дает нам опыт, подтверждая наше положение, заключается в том, что когда мы поднимаем или опускаем взор, удерживая глаз неподвижно на светлом теле, то при подъеме он теряет все нижние лучи этого тела; происходит это оттого, что там, где светлое тело не видит глаза, там оно и не может запечатлеть свой образ, и там, где падающий луч не ударяет в глаз, там не возникает и отраженного луча, почему зрачок и не воспринимает его. И так же будет при опускании взора, ибо тогда толща верхнего века не видит светлого тела и невидима для него, а по этой причине образ, как уже сказано, не может там запечатлеться; следовательно, глаз не может видеть того, чего там нет, а видит подобный образ только на нижнем веке, каковое веко видит светлое тело и видимо им. И так мы доказали то, что намеревались, и т. д. (D, 9об.).

Также и на следующем опыте подтверждается, что нижние веки показывают лучи на источнике света вверху: нужно держать палочку и слегка двигать в поперечном направлении к нижним векам глаза —

тогда увидишь, что, в зависимости от того, как ты будешь двигать эти нижние веки, станут двигаться верхние лучи. И это есть явное доказательство — опыт, порожденный законом (ragione).

Также. Имея подобные лучи в глазу и слегка поворачивая лицо вправо и влево, ты увидишь, что лучи, рождающиеся в отблеске век, равным образом непрерывно переходят то туда, то сюда, сменяя друг друга. И этот свет должен быть по меньшей мере на расстоянии 25 локтей, а место должно быть темное. Экспериментируй медленно и прилежно и держи глаз прищуренным; опускай лицо до тех пор, пока тебе не удастся одновременно видеть лучи над источником света и под ним; при этом держи голову приложенной к стене и обеспечь неподвижное положение (F, 29).



Об очках и увеличительных стеклах

Доказательство того, как очки помогают зрению. Пусть *a* и *b* — очки, а *c* и *d* — глаза. К старости предмет, который они обычно видели в *e* без труда, сильно отклоняя оси от прямой линии зрительных нервов, [не может быть более видим так близко]. По причине старости способность эта отклонять оси ослабевает, так что становится невозможно поворачивать глаз без большой боли, и тогда делается необходимым дальше отодвигать предмет, т. е. из *e* в *f*, где можно видеть его лучше, но не в мелочах. И вот, когда между глазом и предметом помещены очки, он делается хорошо видимым на расстоянии юности, т. е. в *e*. Это бывает так потому, что изображение *e* приходит к глазу сквозь сложную среду — редкую и плотную; редкая — это воздух, находящийся между предметом и очками, плотная — толщина стекла

очков. Поэтому направление изображения отклоняется при движении его сквозь толщу стекла и поворачивает линии *a* и *b* так, что предмет, видимый в *e*, видится таким, как если бы он находился в *f*, с тем преимуществом, что не нужно отклонять оси глаза от его зрительного нерва. А ввиду близости предмет в *e* может быть видим и распознаваем лучше, чем в *f*, в особенности если он незначительных размеров (С. А., 244 а).

Почему люди преклонного возраста лучше видят вдаль? Зрение вдаль лучше, чем вблизи, у тех людей, которые достигли преклонного возраста, ибо одна и та же вещь посылает меньшее впечатление в глаз, когда она находится вдали, чем тогда, когда она находится вблизи[10] (G, 90).

Сделай очковые стекла (ochiali) для глаз, чтобы видеть Луну большой (С. А., 190 а).

Чем дальше отодвигаешь ты стекло от глаза, тем бо́льшими покажет оно предметы для глаз 50 лет; если глаза для сравнения глядят один через очковое стекло, другой вне его, то для одного предмет покажется большим, а для другого малым; но для этого видимые вещи должны быть удалены от глаза на 200 локтей (А, 12).

Хрустальное очковое стекло (ochiale) толщиною по краям в одну унцию от унции [т. е. в $^1/_{12}$ от $^1/_{12} = {}^1/_{144}$]. Это хрустальное очковое стекло не должно иметь пятен и быть очень ясным. С краев оно должно быть толщиною в одну унцию от унции, т. е. в $^1/_{144}$ локтя, а в середине — тонким соответственно зрению, которое им пользуется, т. е. соответственно пропорции тех очков, которые для такого зрения годятся. И оно должно быть изготовлено при помощи той же формы (stampa), что и эти очки. Ширина такого продолговатого стекла (tavola) будет равна $^1/_6$ локтя, а длина $^1/_4$ локтя; следовательно, оно будет иметь в длину 3 унции, а в ширину 2, иначе говоря $1^1/_2$ квадрата. И таким очковым стеклом нужно пользоваться, держа его на расстоянии $^1/_3$ локтя от глаза, и настолько же оно должно быть удалено

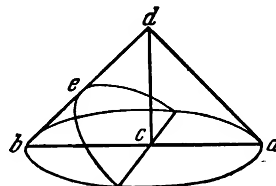
Страница рукописи F (лист 25)

от буквы, которую ты читаешь. Если же оно будет удалено на большее расстояние, эта буква покажется крупнее; в самом деле, обычная печатная буква покажется буквой на аптечной шкатулке.

Это очковое стекло удобно держать на письменном столе, а если ты хочешь держать его, наблюдая вдаль, сделай его длиною в $^1/_8$ локтя, а шириною в $^1/_{12}$ (F, 25).

О зеркалах

Если бы ты пожелал сделать вогнутую сферу [параболическое зеркало], которая при переворачивании к лучам солнца зажигала бы то, что находится на пути пирамиды ее [лучей], нужно сначала сделать пирамиду [конус], как здесь изображено; *cd* должно 2 раза содержаться в *ab*. Затем возьми середину линии *db*, т. е. точку *e*, и рассеки пирамиду до центра ее основания, т. е. до *c*, и по этому сечению построй свою вогнутость. И знай, что твоя пирамида должна иметь вид сахарной головы (С. А., 32 а).

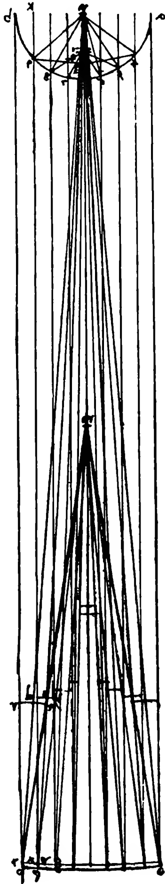


Из вогнутых зеркал одинакового диаметра, зеркало, имеющее меньшую вогнутость, соберет большее количество лучей при ударе, приводящем к их встрече, а следовательно, с большей быстротой и силой зажжет огонь.

Пусть кривая *op* означает место вышеназванного зеркала; *ab* пусть будет место пучка лучей, струящихся от солнца к зеркалу; буква *n* поставлена вместо центра круга той сферы, от которой указанное зеркало получило свою вогнутость [кривизну]; *m* есть место, куда стекаются в большей своей части отраженные лучи и где возникает жар большей силы, нежели где бы то ни было еще в пирамиде лучей *opm*.

Линия, или солнечный луч, падающий из *b* в *p*, есть тот, который под равным углом отражается по линии *pm*; это измеряется посредством кривой *tr*, части окружности, описанной вокруг точки или

центра *p*. То же самое делают все лучи, падающие от солнца *ab*, — они всегда ударяются и отскакивают от зеркала под равными углами, что явствует из углов *v* и *x*.



Что все углы, примыкающие к углам падающей и отраженной линии, равны между собою, ясно доказывается посредством линий, опускающихся из центра той сферы, от которой такое зеркало имеет качество своей вогнутости, т. е. линий, выходящих из точки *n* и опускающихся на *op*. Все эти линии падают на подобное зеркало под прямыми углами, как показывает линия *nl*[11], падающая под углами *x* и *v*, которые равны, ибо они являются прямыми сферическим углами. Затем отнимают равные части при помощи линии *kl* и линии *ml*, как это видно на кривой *hd*, разделенной пополам в *i*. Отсюда следует: если от равных углов *v* и *x* отнять равные части *ild* и *ilh*, то остаток *hvs* и остаток *dxy* будут друг другу равны. Так мы заключаем, что *kly* и *slm* —равные друг другу углы.

ab — зеркало большей вогнутости, которое я принимаю того же диаметра, что и нижнее зеркало *op*; и здесь наглядно можно убедиться, что между 6 и 7 ни одна часть такого зеркала не посылает к *ba* свои лучи в точку истинного схода, т. е. в *i*, а посылает все их ниже, чем в *i*, т. е. в 2 и в 3.

Зеркало *op* составляет $^1/_{40}$ часть большого круга того шара, из которого оно получено. Но лучше было бы, если бы оно составляло $^1/_{50}$, а еще лучше $^1/_{100}$ (В. М., 86об.).

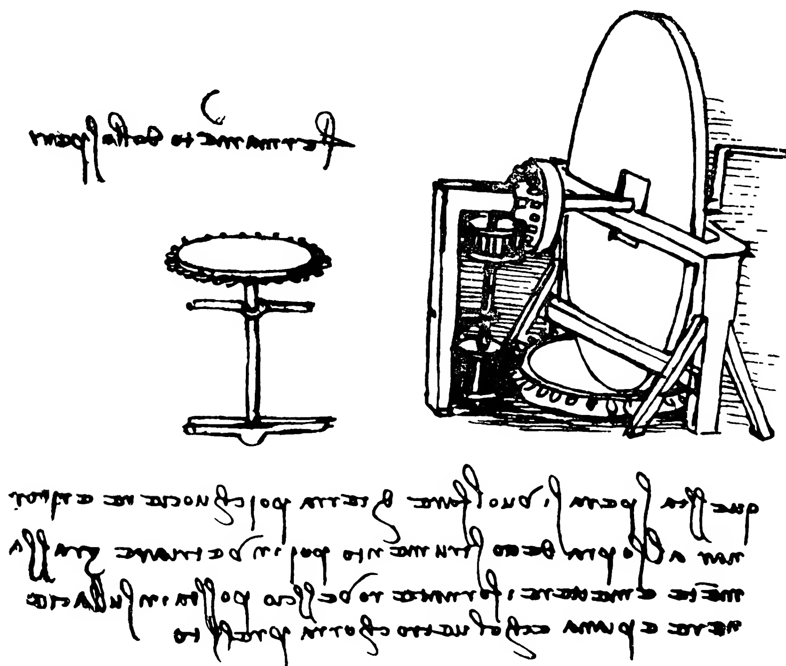
[Из черновиков писем к Джулиано Медичи]

... Но весьма огорчает меня, что я не мог вполне удовлетворить желаниям вашей светлости по причине злобы этого обманщика [не-

мецкого мастера Георга], для которого я не пожалел ничего, чем мог бы быть ему полезным... Я предлагал ему, чтобы он ел со мною, так как, помимо экономии средств, он приобретал бы знание итальянского языка[12].

Он всегда это обещал и никогда не хотел делать.

Он поступал так и потому, что юноша-немец, делающий зеркала [по имени Иоганн], всякий день находился в мастерской, хотел



Прибор для шлифовки стекол (С. А. 52 а)

видеть и понять то, что делалось, и разносил это потом по земле, порицая то, чего он не понимал...

Затем он [Георг] требовал, чтобы ему дали законченные деревянные модели, такие же, каковы должны были быть железные,

и их он хотел увезти в свою страну. В этом я ему отказал, сказав, что я буду ему давать в чертеже ширину, длину, толщину и форму того, что он должен делать, и так произошла между нами размолвка. Во-вторых, он устроил другую мастерскую, сделал клещи и инструменты; там он и спал и там же работал на других...

В конце концов я обнаружил, что виною всему зеркальный мастер Джованни [Иоганн], который поступил так по двум причинам. Во-первых, так как он считал себя вправе утверждать, что мое прибытие сюда лишило его общения и милости вашей светлости... Во-вторых, так как, по его словам, слесарное помещение было ему подходящим для изготовления зеркал. Это он и доказал, не только сделав того [Георга] моим врагом, но и заставив его продать ему все ему принадлежавшее и оставить ему свою мастерскую, где он теперь выделывает со многими рабочими много зеркал для продажи на ярмарках (С. А., 247об. b).

Этот самый [Иоганн-зеркальщик] мне помешал в моих анатомических занятиях, порицая их перед папой, а также в госпитале, и заполнил весь Бельведер зеркальными мастерскими и рабочими. И так же он поступил с комнатой маэстро Джорджо[13] (С. А., 182об. с).





АСТРОНОМИЯ



Наука о зрительных линиях породила науку астрономии, которая является простой перспективой, так как все это — зрительные линии и пересеченные пирамиды (Т. Р., 6).

О Солнце

Помни, что я дожен сначала показать расстояние Солнца от Земли, и посредством одного из его лучей, пропущенных сквозь отверстие в темное место, определить его истинную величину, а кроме того, посредством водной сферы определить величину Земли (Leic., 1).

Способ смотреть на затмение Солнца без ущерба для глаза. Возьми лист бумаги и сделай отверстия иглой и в эти отверстия смотри на Солнце (Tr., 6об.).

Похвала Солнцу. Если ты будешь рассматривать светила без лучей, как это бывает при смотрении на них сквозь маленькое отверстие, сделанное концом тонкой иглы и расположенное так, что оно почти касается глаза, ты увидишь эти светила столь малыми, что нет, кажется, вещи меньше их. И в самом деле, далекое расстояние дает им понятное уменьшение, хотя есть многие, которые во много раз более того светила, каковым является Земля с водой. Теперь подумай, чем бы казалось это наше светило на таком расстоянии,

и рассуди затем, сколько светил в длину и в ширь поместилось бы меж теми светилами, которые рассеяны в этом темном пространстве. Поистине, я не могу удержаться от порицания тех из древних, которые говорили, что у Солнца нет иной величины, кроме видимой; в числе их был Эпикур, и, думаю я, что основание это они почерпнули от источника света, находящегося в нашем воздухе, удаленного на постоянное расстояние от центра [Земли]: тот, кто его видит, никогда не видит его уменьшенным в размерах, ни на каком расстоянии. Причины его величины и свойств я откладываю до книги 4-й; но я крайне удивляюсь, что Сократ это самое тело порицает и говорит, что оно подобно раскаленному камню, и, конечно, кто его за ошибку эту упрекнет, едва ли погрешит. У меня же недостает слов для порицания тех, кто считает более похвальным поклоняться людям, чем Солнцу, так как во всей вселенной я не вижу тела большего и могущественнейшего, — его свет освещает все небесные тела, размещенные по вселенной; все души от него происходят[1], ибо тепло, находящееся в живых существах, происходит от душ, и нет никакой иной теплоты и света во вселенной, как покажу я в книге 4-й. И, конечно, те, кто хотел поклоняться людям как богам, как то Юпитеру, Сатурну, Марсу и прочим, совершили величайшую ошибку, видя, что будь даже человек величиной с мир наш, все же он оказался бы подобен самой малой звезде, которая кажется точкой в мироздании, и видя к тому же этих людей смертными и тленными, и бренными в гробах их.

«Сфера» и Марулло восхваляют со многими другими Солнце. (F, 5—4об.).

Солнце не движется (W. An. V, 25).

Посидоний сочинил книги о величине Солнца (F, вн. сторона нижн. обл.).

Говорит Эпикур, что Солнце имеет такую величину, какой оно кажется, и кажется оно в фут, следовательно, таким мы и должны считать его. Отсюда следовало бы, что когда Луна затмевает Солнце, Солнце не превосходило бы ее величиной, как это оно, однако, делает;

следовательно, Луна, будучи меньше Солнца, была бы меньше чем в фут, и, соответственно, когда мир наш затмевает Луну, он оказался бы меньше дюйма. Потому, если Солнце — в фут, а Земля наша отбрасывает пирамидальную тень к Луне, необходимо светлому, причине теневой пирамиды, быть больше непрозрачного тела, являющегося причиной этой пирамиды (F, 8об.).

Быть может, Эпикур видел, что тени колонн, отбрасываемые на противолежащие стены, равны диаметру колонны, от которой подобная тень падает; и так как направление теней параллельно от начала до конца, он считал себя в праве полагать, что Солнце является началом такой параллельности и что, следовательно, оно не толще, чем такая колонна,— не замечая, что уменьшение тени было неощутимо из-за дальнего расстояния Солнца.

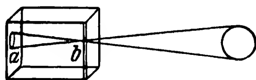
Если бы Солнце было меньше Земли, то светила большей части нашей гемисферы оказались бы без света. Против Эпикура, говорящего: так велико Солнце, каким оно кажется (F, 6).

Измерь, сколько солнц уместилось бы в пути его за 24 часа. Сделай круг и поверни его к югу, как солнечные часы, и поставь палочку посредине, так, чтобы длина ее стояла вертикально в центре этого круга; отметь тень, которую Солнце образует от этой палочки на окружности этого круга, скажем шириной в *an*; измерь, сколько раз эта тень содержится в окружности круга,— столько раз солнечное тело будет содержаться в 24-часовом своем пути. И здесь можно будет видеть, правильно ли говорил Эпикур, что Солнце такой величины, какой оно кажется; принимая, что диаметр Солнца равен футу и что Солнце это содержится 1000 раз в своем 24-часовом пути, путь его был бы равен 1000 футов, т. е. 500 локтей, что равно $^1/_6$ мили. Итак, при движении Солнца в течение дня и ночи была бы пройдена $^1/_6$ мили и эта достопочтенная солнечная улита проходила бы 25 локтей в час[2] (F, 10).

Если у тебя будет расстояние Солнца, будет у тебя и его величина; для этого избери час полдня в равноденствие, когда день имеет

12 часов, или пусть даже будет время какое угодно, лишь бы измерил ты путь Солнца за один час, и посмотри, сколько солнц содержится в пути одного часа, и затем умножь на 24, в каковые 24 часа Солнце совершает полный круг.

И чтобы узнать, сколько солнц содержится в пути, который оно совершает за час, сделай так: поставь палочку и сделай подобие старинных солнечных часов и заметь тень палочки при ее возникновении, где она резче всего, и отметь границы одного часа, затем посмотри: сколько раз такая тень будет содержаться в этом промежутке часа, столько раз Солнце будет содержаться в пути одного часа. И высчитай все мили круга, совершаемого Солнцем в 24 часа, и если тень содержится в названном часе 20 раз, ты скажешь, что 20 теней на протяжении 24 часов дают 480 солнц в течение всего пути его днем и ночью. Отсюда, имея расстояние, ты получишь радиус этого круга и затем диаметр, и затем истинное число миль круга, и истинный диаметр, и тем самым истинные размеры его тела (C. A., 151об. а).



Способ узнать, как велико Солнце[3]. Сделай так, чтобы *ab* было в 100 локтей, и сделай, чтобы отверстие, откуда проходят солнечные лучи, было в $^1/_{16}$ локтя. Замечай, насколько луч [радиус изображения] вырос при падении [в *a*] (A, 20об.).

О Солнце. Они говорят, что Солнце не горячо, потому что не имеет цвета огня, а гораздо более бело и светло. И им можно ответить, что, когда расплавленная бронза более горяча, она более походит на цвет Солнца, и когда горяча менее, имеет более цвет огня (F, 34об.).

Доказательство, что Солнце по природе своей горячо, а не холодно, как уже говорилось. Вогнутое зеркало, будучи холодным, когда принимает лучи огня, отражает их более горячими, чем этот огонь.

Стеклянный шар, наполненный холодной водой, посылает от себя лучи, получаемые от огня, еще более горячими, чем этот огонь.

Из этих двух опытов следует, что такие теплые лучи, идущие от зеркала или шара с холодной водой, будут теплыми по своему действию (per virtù), а не потому, что такое зеркало или шар теплы. И сходное происходит в этом случае с Солнцем, проходящим сквозь эти тела, которые оно греет своим действием. И отсюда они сделали заключение, что Солнце не горячо. Хотя теми же приведенными опытами доказывается, что Солнце весьма горячо,— названным опытом с зеркалом и шаром, которые, будучи холодны и поглощая тепловые лучи огня, делаются от лучей горячими, так как первая причина горяча; и сходное случается с Солнцем, которое, будучи горячим, при прохождении по подобным холодным зеркалам, отражает большой жар (F, 85об.).

Солнечные лучи проходят холодную область воздуха и не меняют природы, проходят сквозь полные холодной воды стёкла и природы своей не утрачивают, и по какому бы прозрачному пространству они ни проходили, все равно, будто проходят они сквозь такое же количество воздуха.

И если ты хочешь думать, что холодные лучи Солнца усвояют себе жар огня, проходя сквозь его стихию, как усвояют они цвет стекол, сквозь которые проходят, то отсюда следовало бы, что при прохождени холодной области [находящейся ниже области огня] они усвояли бы этот холод, уже вобрав названное тепло; таким образом, холод уничтожал бы тепло, а потому солнечные лучи достигали бы до нас, лишенные тепла. Так как это опытом не подтверждается, то и мнение, будто Солнце холодно,— неосновательно.

А если бы ты сказал, что холод, который минуют пламенные солнечные лучи, лишь несколько умеряет чрезвычайный жар подобных лучей, то отсюда следовало бы, что на высоких вершинах Кавказа, скифского горного хребта, ощущалась бы бóльшая жара, чем в долинах, так как эта гора выше срединной области воздуха, отчего вблизи ее вершины никогда не бывает облаков и ничего не рождается.

И если ты скажешь, что подобные солнечные лучи придвигают к нам стихию огня, сквозь который проходят, то этого допустить

нельзя, ибо пространственное движение таких лучей не происходит вне времени, в особенности если Солнце появляется у горизонта, где оно удалено от нас на 3500 миль больше, чем при нахождении в середине нашего неба. Если бы Солнце это делало, оно охлаждало бы противоположную сторону горизонта, ибо уносило бы на противоположной стороне прочь своими лучами стихию огня, ими проникаемую (F, 86).

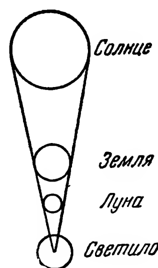
О доказательстве, что Солнце горячо от природы, а не по своему действию (per virtù). Что Солнце горячо само по себе, от природы, а не по своему действию, доказывается с очевидностью блеском солнечного тела, на котором не может остановиться глаз человеческий. И, кроме того, с величайшей очевидностью это доказывают его лучи, отражаемые от вогнутых зеркал. Когда отражение этих лучей будет иметь столько блеска, что глаз не сможет выдерживать, тогда это отражение получит блеск, подобный самому Солнцу. И что это истинно, я доказываю так: когда подобное зеркало имеет вогнутость, нужную для образования такого луча, ничто существующее не выдержит жара подобного отражения при отражении луча от зеркала. И если ты скажешь, что само зеркало холодное, но отбрасывает теплые лучи, я тебе отвечу, что луч исходит от Солнца и, проходя через зеркало, должен оставаться подобным своей причине, через какую бы среду он ни проходил; луч вогнутого зеркала, проходя через окошко доменной печи, в которой плавятся [металлы?], не получает большего жара и большей яркости (G, 34).

О планетах

Светила имеют ли свет от Солнца или собственный? Они говорят, что свет у светил — собственный, ссылаясь на то, что если бы у Венеры и Меркурия собственного света не было, то, оказываясь между нашим глазом и Солнцем, они затемняли бы Солнце настолько, насколько заслоняют его для нашего глаза. И это неверно, ибо доказано, что источник тени, будучи по-

мещен в источнике света, окружается и покрывается весь боковыми лучами прочей части этого источника света и так оказывается невидимым. Так, например, когда Солнце видимо на большом расстоянии сквозь ветви растений без листьев, то ветви эти не закрывают никакой части Солнца для наших глаз. То же случается с названными выше планетами, которые, хотя бы сами и были без света, никакой, как сказано, части Солнца для нашего глаза не закрывают.

Второе доказательство. Они говорят, что светила кажутся ночью тем светлее, чем они выше; и что если бы не было у них собственного света, то отбрасываемая Землей тень, находящаяся между ними и Солнцем, затемнила бы их, так что ни им оно не было бы видно, ни они не видны были бы солнечному телу. Но утверждающие это не приняли во внимание, что пирамидальная тень Земли не достигает многих светил, а если она и достигает некоторых, то пирамида ее настолько уменьшается, что закрывает небольшую часть тела светила, остальная же освещается Солнцем (F, 57).



Форма светящегося тела, хотя бы и причастная длине, на далеком расстоянии покажется телом круглым.

Доказывается это светом свечей, который, хотя и длинный, на далеком расстоянии кажется круглым. И то же случиться может со светилами, которые, хотя бы и были рогаты, как Луна, на далеком расстоянии покажутся круглыми (С, 8).



Чтобы увидеть природу планет, открой крышку и покажи основанию [экрану] одну единственную планету, тогда отраженное движение на этом экране укажет тебе величину (complessione) названной планеты. Однако сделай таким образом, чтобы этот экран видел не больше одной планеты зараз[4] (В. М., 279об.).

О Луне

О том, что пятна Луны изменились по сравнению с теми, которые были раньше, по причине течения ее вод (Leic., 5).

Если подвергнешь наблюдению подробности лунных пятен, то зачастую найдешь между ними большое разнообразие, и в этом я сам убедился, рисуя их. И происходит это от облаков, которые поднимаются из вод Луны, расстилаясь между Солнцем и этой водой, и которые тенью своей похищают у этой воды лучи Солнца, почему вода эта остается темной, лишенная возможности отражать Солнце (B. M., 19).

Пятна Луны. Некоторые говорили, что от нее поднимаются испарения, наподобие облаков, и располагаются между Луною и глазами нашими. Будь это так, никогда такие пятна не были бы устойчивыми, ни в положении, ни в очертаниях; и при наблюдении Луны с разных точек зрения, даже если бы эти пятна не менялись, они меняли бы очертания, как тот предмет, который видим с разных сторон (F, 84).

О пятнах Луны. Другие говорили, что Луна состоит из частей более или менее прозрачных, как если бы одна ее часть была наподобие алебастра, а другая — наподобие кристалла или стекла. Отсюда следовало бы, что когда Солнце падает своими лучами на менее прозрачную часть, свет оставался бы на поверхности, и тем самым часть более плотная оказывалась бы освещенной, а часть прозрачная являла бы тени своих темных глубин. И так объясняют они свойство Луны. Это мнение нравилось многим философам, Аристотелю в особенности. И тем не менее мнение это ложное, потому что в различных аспектах, часто являемых Луной и Землей нашим глазам, мы видели бы эти пятна изменяющимися и становящимися то темными, то светлыми. Они становились бы темными, когда Солнце находится на западе, а Луна — посреди неба, потому что тогда прозрачные впадины наполнялись бы тенью до самых своих краев, ибо Солнце не могло бы проникнуть лучами в устья этих впадин. Они

казались бы светлыми в полнолунис, когда Луна на востоке видит Солнце на западе; тогда Солнце освещало бы до самого дна такие прозрачные места; и так, при отсутствии теней, Луна не являла бы нам в это время названных пятен. И, следовательно, пятна становились бы то больше, то меньше, в зависимости от перемены положений Солнца и Луны, Луны и наших глаз, как я уже говорил выше (F, 84об.).

О пятнах Луны. Было сказано, что пятна Луны образуются на ней по причине разнообразия в ее плотности и редкости; если бы это было так, то при затмениях солнечные лучи проникали бы сквозь известную часть указанного более разреженного вещества. Но так как мы не наблюдаем подобного действия, приведенное мнение — ложно.

Другие говорят, что поверхность Луны, будучи гладкой и ровной, принимает, наподобие зеркала, изображение Земли. Это мнение ложно, поскольку суша, не покрытая водою, имеет разные очертания с разных точек зрения; стало быть, когда Луна находится на востоке, она отражала бы другие пятна, нежели тогда, когда она находится над нами или когда она на западе. Между тем пятна Луны, как можно наблюдать в полнолуние, никогда не меняются при совершаемом ею движении в нашем полушарии. Второй довод заключается в том, что отражаемая на выпуклой поверхности вещь занимает малую часть этого зеркала, как доказано в «Перспективе». Третий довод — в полнолуние Луна видит только половину сферы освещенной Земли, от которой только Океан и прочие воды отражают свет, а суша образует пятна в этом свете; следовательно, половина нашей суши была бы видима опоясанной блеском моря, освещаемого Солнцем и на Луне такое изображение [суши] заняло бы самую малую часть ее. В-четвертых, одна блестящая вещь не отражается в другой блестящей вещи; следовательно, если [наше] море заимствует блеск от Солнца, подобно тому, как это делает Луна, она не могла бы отражать на себе Землю; и, кроме того, мы не видим на Луне отражаемым в своих частях тело Солнца и любого другого светила, находящегося против нее [следовательно, не можем видеть и отражение земной суши и воды в отдельности] (F, 85).

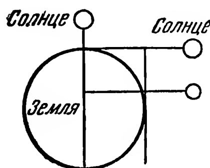
Если посмотришь на остров, окруженный волнами, которые полны солнечных отражений, тебе покажется, будто ты видишь одно из лунных пятен, окруженное своим сиянием.

Если на Луне есть волны и нет волн без ветра, а ветер не возникает без земных паров, приносимых влагою, которую притягивает тепло, находящееся в воздухе, необходимо, чтобы тело Луны имело землю, воду, воздух и огонь с теми же условиями движения, какие имеют и наши стихии.

И если ты скажешь, что тяжесть есть не что иное, как одна стихия, извлеченная из другой, то отсюда следует, что там, где нет стихий, там нет и тяжести. Следовательно, Луна не имеет веса, находясь внутри своих стихий, и не может упасть со своего места (С. А., 112об. а).

О Луне. Я утверждаю, что, поскольку Луна не имеет собственного света и вместе с тем светла, необходимо, чтобы такой свет порождался чем-то другим (Leic., 30).

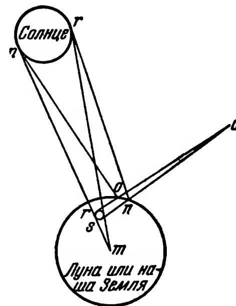
Что такое Луна? Луна не имеет собственного света, но вполне способна воспринимать природу света наподобие зеркала, воды или другого блестящего тела; и она возрастает в величине на востоке и западе подобно Солнцу и другим планетам. Причина та, что всякое светлое тело становится тем крупнее, чем больше удаляется[5]. Можно ясно понять, что всякая планета и звезда дальше от нас примерно на 3500 [миль], когда находится на западе, нежели тогда, когда находится над нашей головой. Это явствует из доказательства [чертежа] на полях. И если ты видишь, что Солнце или Луна отражаются в воде, находящейся по соседству с тобою, то они тебе кажутся в этой воде той же величины, что и на небе. А если ты отойдешь на милю, они покажутся крупнее в 100 раз. И если ты увидишь отражение в море при закате Солнца, то отраженное Солнце покажется тебе величиною более 10 миль, ибо оно займет на море более 10 миль при таком отражении. И если бы ты оказался там, где находится Луна, Солнце представилось бы тебе отражающимся на такой поверхности моря, какую оно освещает днем; а суша представилась бы среди этой воды наподобие тех темных пятен, которые бывают на Луне. Эта Луна для людей, на-



ходящихся на Земле, представляется совершенно такой же, какой наш мир представлялся бы людям, если бы люди жили на Луне.

О качестве Луны. Когда Луна освещена вся для нашего зрения, мы видим весь ее дневной свет, и тогда при отражении солнечных лучей, падающих на нее и отбрасываемых к нам, океан ее посылает нам меньше влаги. А когда света меньше, Луна больше вредит (А, 64).

Либо Луна имеет собственный свет, либо не имеет. Если она имеет собственный свет, почему она не сияет без участия Солнца? а если она не имеет собственного света, то по необходимости оказывается сферическим зеркалом. И если она — зеркало, то разве не доказано в «Перспективе», что изображение светлого предмета никогда не будет равно той части зеркала, которая освещена этим предметом? Коль скоро это так (что показывает нам здесь фигура в *rs*), то откуда берется такое количество блеска в полнолуние, наблюдаемое нами на пятнадцатый день Луны? (В. М., 28).



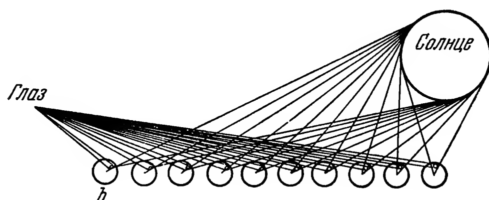
Так как глаз мал, он может видеть только маленькое подобие Солнца. Если бы глаз был равен Солнцу, он увидел бы в воде (предполагая, что поверхность ее плоская) подобие Солнца, равное по величине действительному телу Солнца. Если глаз больше отражаемого предмета, он увидит в этом зеркале изображение, которое больше, нежели названный предмет (С. А., 237 а).

Невозможно, чтобы от сферического зеркала отражение происходило на таком же пространстве, какое освещено Солнцем, если только это зеркало не имеет волнообразной или бугристой поверхности.

Посмотри: здесь Солнце освещает сферическое зеркало, Луну, и столько, сколько Солнце на ней видит, столько же оно и заставляет сиять.

Здесь будет сделано заключение, что то, что светит у Луны, есть вода, подобная воде наших морей и так же разлитая; и что то, что у нее не светит, суть острова и суша.

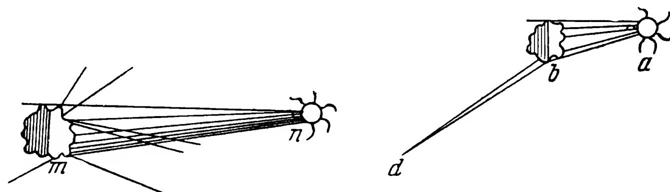
Этот чертеж со столькими сферическими телами, расположенными между глазом и Солнцем, сделан с целью показать, что подобно как в каждом из этих тел видимо изображение Солнца, так можно видеть это изображение и на каждой округлости морских волн; подобно как на этих многочисленных сферах видны многочисленные солнца, так на многочисленных волнах видны многочисленные отблески, которые на далеком расстоянии становятся крупными для глаза, каждый из них в отдельности; и поскольку так делает каждая волна, постольку промежутки между волнами пропадают. И по этой причине многочисленные солнца, отражаемые в многочисленных волнах, кажутся одним единственным сплошным Солнцем, а затененные части, смешиваясь со светлыми образами, приводят к тому, что подобный блеск не является столь же светлым, как блеск самого Солнца, отражаемого этими волнами (В. М., 28).



О Луне. Луна собственного света не имеет, и лишь постольку, поскольку Солнце ее видит, постольку оно делает ее светлой, и этой светлоты видим мы столько, сколько светлоты видит она у нас. И ночь ее получает столько блеска, сколько доставляют ей наши во́ды, отбрасывая отображение Солнца, которое отражается во всех водах, видных Солнцу и Луне.

Покров, или, вернее, поверхность воды, из которой образуется море Луны и море нашей Земли, всегда испещрен складками, мало или много, больше или меньше, и складки эти являются причиной распространения бесчисленных образов Солнца, отраженных на

буграх и впадинах, на боковых и передних сторонах бесчисленных складок, т. е. во стольких различных местах каждой складки, сколько есть разных мест у наблюдающих их глаз. Это произойти не могло бы, если бы сфера воды, покрывающая Луну в значительной своей части, была бы гладко закругленной, ибо тогда отображение Солнца было бы для каждого глаза одним и отражение его было бы обособленным, а блеск всегда был бы шаровидным, как это ясно показывают золоченые шары на вершинах высоких зданий. Но если бы такие золоченые шары были морщинисты и состояли из мелких шаров, как тутовые ягоды,— черные плоды, состоящие из мелких круглых шариков,— то каждая из частей этого шара, видимая Солнцу и глазу, явила бы блеск, произведенный отражением Солнца; и так на одном и том же теле видны были бы многие мельчайшие солнца, часто из-за большого расстояния соединяющиеся и кажущиеся слитными.



И сияние новой Луны более светло и более сильно, нежели в полнолуние, и это по той причине, что угол падения гораздо более тупой при молодой Луне, нежели при старой, когда такие углы наиболее остры. И волны Луны отражают Солнце как на своих впадинах, так и на буграх, а боковые стороны остаются темными. Что касается боковых сторон самой Луны, то впадины волн не видят Солнца, а видят его только вершины этих волн, а потому изображения оказываются более редкими и более смешанными с тенями впадин и такое смешение теневых и светлых образов, сливающихся друг с другом, достигает глаза с незначительным блеском; и по краям они будут более темными, поскольку кривизна боковых сторон в этих волнах недостаточна, чтобы отражать к глазу полученные лучи.

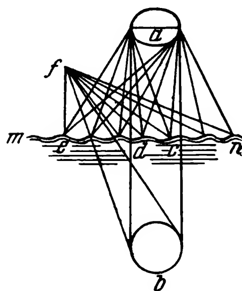
Новая Луна естественно отражает солнечные лучи к глазу посредством этих крайних волн более, чем посредством каких-либо других, как это показывает рисунок Луны: ударяясь лучами *a* о волну *b*, свет отражается в *bd*, к точке *d*, где находится глаз. И это не может случиться в полнолуние, когда солнечный луч, находясь на западе, ударяет крайние волны Луны на востоке, от *n* до *m*, и не отражается к глазу, находящемуся на западе, и отскакивает на восток, слегка искривляя прямизну этого солнечного луча, и таким образом угол падения в этом случае наиболее велик.

Луна есть тело непрозрачное и твердое, и если бы, наоборот, она была прозрачной, то не принимала бы света Солнца.

Желток яйца держится посреди своего белка, не опускаясь никуда, и либо легче, либо тяжелее, либо равен весом белку. И если он легче, то должен бы всплыть поверх белка и остановиться у скорлупы этого яйца, а если тяжелее, то должен бы опуститься; если же он равен, то мог бы находиться на одном из концов так же, как и в середине или внизу[6].

Бесчисленные изображения, отражаемые от бесчисленных волн моря солнечными лучами, ударяющимися в эти волны, являются причиной, почему на поверхности моря получается сплошной и обширнейший блеск (В. М., 94об.).

Солнце будет казаться крупнее на движущейся и волнующейся воде, чем на воде неподвижной. Пример со светом, видимым на струнах монохорда (W, 12350).

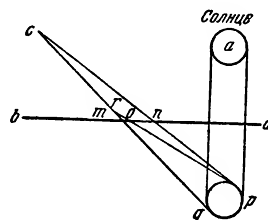


Волны воды увеличивают изображение предмета, в них отраженного. Пусть *a* — Солнце, *nm* — вода, образующая волны, *b* — изображение Солнца в том случае, когда на воде нет волн; *f* — глаз, который видит это изображение во всех волнах, заключенных в основании треугольника *cef*. Следовательно, Солнце, которое на поверхности без волн занимало воду *cd*, теперь на поверхности с волнами занимает

всю воду *ce* (как доказано в 4-й книге моей «Перспективы») и займет тем больше воды, чем дальше это изображение будет находиться от глаза.

Изображение Солнца покажется более светлым в мелких волнах, чем в волнах крупных. И это происходит оттого, что подобия или изображения Солнца более часты в мелких волнах, нежели в крупных, а более частые сияния дают больший свет, чем более редкие.

Волны, пересекающиеся наподобие чешуи древесной шишки, придают изображению Солнца величайший блеск, и это происходит оттого, что изображений столько же, сколько существует гребней волн, видимых Солнцу, а тени, располагающиеся между этими волнами,— малы и темнота их незначительна, и блеск стольких изображений вместе взятых сливается в подобиях, исходящих от волн к глазу, так, что эти тени становятся неощутимыми.



То изображение Солнца будет занимать больше места на поверхности воды, которое находится дальше от глаза, его видящего. Пусть *a* — Солнце, *pg* — изображение этого Солнца, *ab* — поверхность воды, на которой Солнце отражается, *r* — глаз, который видит это изображение занимающим на поверхности воды пространство *om*; *c* есть глаз, более удаленный от этой водной поверхности, а следовательно и от изображения, почему это изображение занимает большее пространство воды, а именно пространство *nm* (B. M., 25).

Д о к а з а т е л ь с т в о — ч е м б л и ж е т ы б у д е ш ь н а х о д и т ь с я к п р и ч и н е с о л н е ч н ы х л у ч е й, т е м к р у п н е е п о к а ж е т с я т е б е С о л н ц е, о т р а ж е н н о е в м о р е. Если Солнце производит свой блеск из своего центра, укрепляя силу всего тела, то по необходимости его лучи, при удалении от него, все более расходятся. Если это так, то ты, чей глаз находится у воды, отражающей Солнце, видишь самую незначительную часть солнечных лучей, переносящую на поверхность воды

форму этого отраженного Солнца. А если ты будешь находиться ближе к Солнцу, например тогда, когда Солнце находится на юге, а море — на западе, то ты увидишь, что Солнце отражается в этом море очень крупным, ибо когда ты находишься ближе к Солнцу, глаз твой, воспринимая лучи ближе к исходной их точке, больше воспринимает их, а потому получается больший блеск. На этом основании можно было бы доказать, что Луна — это другой мир, подобный нашему, и та часть ее, которая сияет, есть море, отражающее Солнце, а то, что не сияет, есть суша (B. N., 2038, 16об.).

О Луне и о том, является ли она гладкой и сферичной. Изображение Солнца на ней очень ярко и занимает малую часть ее поверхности. Подтверждение этому ты увидишь, взяв позолоченный шар: когда он находится в темноте, а источник света удален от него, то хотя этот источник и освещает примерно половину шара, глаз видит свет только на малой части его поверхности, остальная часть такой поверхности отражает окружающий мрак. Поэтому на шаре появляется только одно изображение света, а остальная часть пребывает невидимой, когда глаз удален от такого шара. То же самое случилось бы на поверхности Луны, если бы она была гладкой, ровной и плотной, подобно телам, отражающим свет.

Докажи, почему при твоем нахождении на Луне или на каком-нибудь светиле, наша Земля покажется тебе играющей ту же роль вместе с Солнцем, какую играет и Луна.



И докажи, почему изображение Солнца в море не может казаться одним Солнцем, как это бывает в плоском зеркале (F, 93).

Ответ магистру Андреа да Имола, который говорил, что солнечные лучи, отражаемые от выпуклого зеркала, смешиваются и пропадают на коротком расстоянии, а потому вообще отрицал, что светлая часть Луны имеет природу зеркала, а следовательно, не признавал, что такой свет-

рождается от бесчисленного множества волн того моря, которое, по моему утверждению, является частью Луны, освещаемой солнечными лучами (Leic., 1об.).

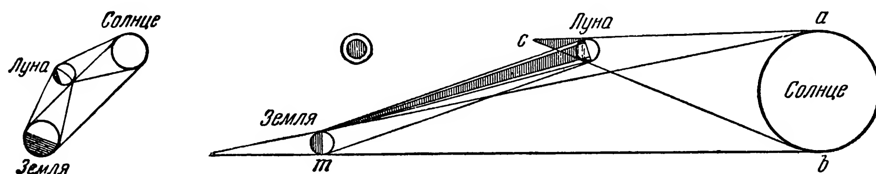
Нижеследующему будет предшествовать трактат о тени и свете. Края Луны будут более освещены и покажутся более светлыми, ибо на них видимы только вершины волн ее вод (F, 77об.).

О Луне. Никакое плотное тело не бывает легче воздуха. Мы доказали, что светлая часть Луны есть вода, отражающая тело Солнца, и эта вода отражает нам получаемый ею блеск; и если бы такая вода не имела волн, светлая часть показалась бы нам маленькой, но по сиянию равной Солнцу. Теперь надобно доказать, является ли Луна телом тяжелым или легким. Будь она тяжелой, то, признавая, что от Земли вверх с каждой ступенью высоты приобретается ступень легкости, почему вода легче земли, и воздух — воды, и огонь — воздуха и так далее по порядку, пришлось бы сказать, что Луна, обладая той плотностью, которую она действительно имеет, должна бы обладать и тяжестью; а если она обладает тяжестью, то пространство, в котором она находится, не могло бы держать ее и она, следовательно, должна была бы опуститься к центру вселенной и соединиться с Землей; и если уж не она, то по меньшей мере ее вóды должны были бы упасть и обнажить ее, упасть к центру и оставить Луну обнаженной от них и без блеска. Вот почему, поскольку не происходит того, что предвещает нам приведенный довод, мы располагаем явным знаком, что Луну облекают ее собственные стихии, т. е. вода, воздух и огонь, и потому она в себе, сама собою держится на том месте, как делает это и наша Земля со стихиями своими в месте ином, и тяжелые вещи среди ее стихий играют такую же роль, какую другие тяжелые вещи в стихиях наших (Leic., 2).

[Пепельный свет Луны]

Когда глаз на востоке видит Луну на западе по соседству закатившегося Солнца, он видит ее с затененной стороной, окруженной светящейся частью. У этого света боковая и верхняя его части берутся от

Солнца, а нижняя часть — от западного Океана, который также получает солнечные лучи и отражает их на нижние моря Луны и распространяет на всю затененную часть Луны столько блеска, сколько



Луна дает Земле в полночь. Вот почему эта часть остается не вполне темной. Отсюда некто заключил, что Луна частично обладает собственным светом, помимо того, который дает ей Солнце, светом, который на самом деле происходит от указанной ранее причины: от наших морей, освещаемых Солнцем.

Можно было бы также сказать, что сияющий круг, образуемый Луною, когда она вместе с Солнцем находится на западе, происходит всецело от Солнца, если Луна, Солнце и глаз расположены так, как показано здесь.

Некоторые могли бы сказать, что воздух, стихия Луны, принимая свет Солнца так же, как это делает наша сфера воздуха, является тем, что очерчивает светлый круг на теле Луны.

Некоторые полагали, что Луна имеет известное количество собственного света. Такое мнение ложно, ибо они основывали его на той светлоте, которая видна между рогами новой Луны: на границах сияющей части эта светлота кажется темной, а на границе с темнотой фона — светлой; и многие принимали ее за круг нового сияния, замыкающий окружность там, где концы рогов, освещенные Солнцем, прекращают свой блеск. Такое разнообразие светлого поля получается оттого, что та часть этого поля, которая граничит со светящейся частью Луны, кажется при подобном сопоставлении более темной, чем на самом деле, а верхняя часть, где видится кусок светлого круга одинаковой толщины, получается оттого, что здесь Луна, будучи более светлой, нежели среда или тот фон, на котором она на-

ходится, кажется (в смежных частях) при сопоставлении с подобной темнотой более светлой, нежели она есть на самом деле.

Такая светлота порождается в это время от нашего Океана и внутренних морей, которые освещаются в это время уже зашедшим Солнцем, так что море играет тогда ту же роль в отношении к темной части Луны, какую Луна на пятнадцатый день играет в отношении нас после захода Солнца. И отношение того незначительного света, который имеет темная часть Луны, к светлоте освещенной части,— такое же, каково отношение 〈...〉.

Если хочешь видеть, во сколько раз темная часть Луны светлее фона, на котором Луна находится, закрой для глаза рукой или каким-нибудь другим более отдаленным предметом светлую часть Луны (Leic., 2).

О Земле и Вселенной

О том, что Земля есть светило (stella) (С. А., 112об. а).

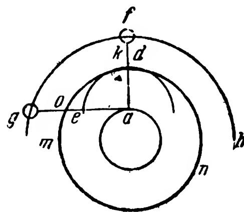
Что Земля не в центре солнечного круга, и не в центре мира, а в центре своих стихий, ей близких и с ней соединенных; и кто стал бы на Луне, когда она вместе с Солнцем под нами, тому эта наша Земля со стихией воды показалась бы играющей и действительно играла бы ту же роль, что Луна по отношению к нам (F, 41об.).

Вся речь твоя должна привести к заключению, что Земля — светило (stella), почти подобное Луне, и докажешь так знатность нашего мира. И так поведешь речь о величине многих светил согласно авторам (F, 56).

Порядок доказательства, что Земля есть светило. Сначала определи глаз, затем покажи, как мерцание какого-нибудь светила доходит до глаза и почему это мерцание больше в одном, чем в другом, и как лучи светил рождаются от глаза. И я говорю, что, будь подобное мерцание, как оно кажется, в самих светилах, оно казалось бы такого протяжения, каково тело этого светила. Следовательно, если светило больше Земли, то такое движение,

совершающееся мгновенно, оказалось бы достаточно быстрым для того, чтобы удвоить величину такого светила.

Затем докажи, как поверхность воздуха в соседстве огня и поверхность огня у его пределов суть те, проникая которые, солнечные лучи приносят подобие небесных тел, больших — при их восходе и закате и малых, когда они посреди неба. Пусть *a* — Земля, *ndm* — поверхность воздуха, граничащая со сферой огня, *hfg* — орбита Луны или если угодно — Солнца. Я утверждаю, что, когда Солнце появляется на горизонте *g*, мы видим, что лучи его проходят через поверхность воздуха под неодинаковыми углами, т. е. углами *o* и *m* (чего не бывает при *d* и *k*), а кроме того, они проходят через более толстый слой воздуха,— вся часть *em* есть избыток толщи воздуха (F, 25об.).



Моя книга имеет целью показать, каким образом Океан вместе с другими морями заставляет посредством Солнца сиять наш мир наподобие Луны, и для тех, кто находится далеко, казаться светилом. Это я доказываю так.

Покажи сначала, каким образом всякий свет, удаленный от глаза, образует лучи, которые, казалось бы, увеличивают очертания этого светлого тела. Отсюда следует, во-вторых ⟨...⟩ .

Луна холодная и влажная.

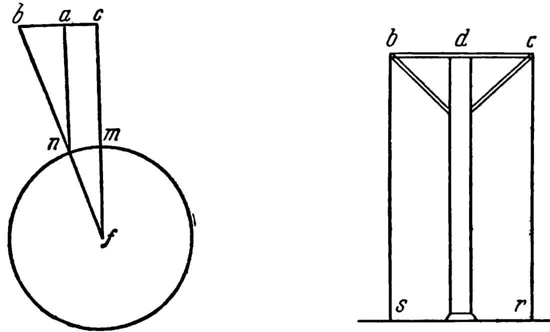
Вода холодная и влажная; влияние нашего моря на Луну таково же, каково влияние Луны на нас (F, 94об.).

Земля показывает, что и она является светилом,— посредством водной сферы, облекающей ее в большей ее части, сферы, принимающей образ Солнца и отражающей его во вселенную так же, как делают это и другие светила.

Вода, которая облекает значительную часть Земли, принимает на свою поверхность образ Солнца и распространяет отраженный блеск его во вселенной, превращаясь в светило с таким же самым блеском, какой мы видим исходящим и от других светил (С. А., 112об. а).

Способ измерять расстояние от поверхности Земли до ее центра. Столько раз, сколько *ab*

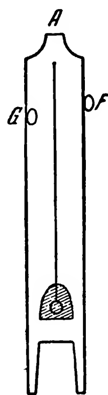
содержится в *an*, столько раз *cb* содержится в *cf*. И если ты найдешь, что при высоте в 100 локтей и ширине в 25 локтей *mn* будет у́же, чем *cb*, на величину одной нити, то сколько нитей содержится в *cb*, столько же сот локтей окажется в расстоянии между *bc* и центром *f*.

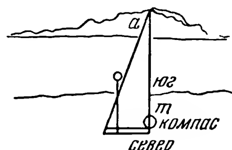


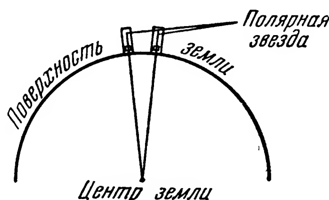
Если бы ты захотел измерить, каково расстояние от поверхности Земли до ее центра, ты поступишь таким образом: поднимись на колокольню высотою в 100 локтей (пусть эта колокольня — *d*), а затем протяни наружу ее два шеста *cd* и *db* и на каждом из шестов подвесь две тонкие нити, доходящие до земли, с двумя свинцовыми гирьками, и пусть эти нити будут *cr* и *bs*. Затем посмотри и измерь, на сколько у́же пространство *rs* в сравнении с *cb*? Пусть эта разница равна *ab*. Тогда сколько раз *ab* содержится в *as*, столько раз *cb* будет содержаться в расстоянии между *cb* и центром мира. И столько раз, сколько *ab* содержится в *bc*, столько раз высота колокольни содержится в расстоянии от ее вершины до центра мира (А, 20об.).

Если ты хочешь новым способом измерить величину Земли. Убедившись, что среди математиков-теоретиков существуют различные мнения о величине круглой махины Земли, я решил: коль скоро между столькими спорщиками имеется столько различных взглядов, достоверность истины весьма далека

от них, ибо если бы истина дошла до их умов, все они держались бы одного взгляда. И, невзирая на такое различие во взглядах, я отважился создать или придумать инструмент, которым ту будешь пользоваться так. Пусть взята будет доска, высотою в 9 локтей и шириной в один, в виде инструмента *A*, изображенного здесь. Расположись на морском берегу и сделай два колечка *F* и *G*, через которые ты можешь смотреть на полярную звезду; заметь, куда приходится у под-







ножия доски нить, направленная к центру Земли; затем поставь компас у подножия указанной доски. Она должна быть достаточно большой, чтобы ты мог визировать через нее гору, удаленную настолько, насколько ее можно видеть в полдень, но лучше было бы велеть поставить на этой горе ночью свет и измерить его расстояние ночью, как видно на чертеже в точке *a*[7]. И когда ты в точности знаешь число миль, пойди туда с той же доской, смотри через те же колечки на полярную звезду и заметь положение отвеса, направленного к земному центру. Ты увидишь, что линии отвесов образуют треугольник. И сколько раз основание пирамиды [т. е. треугольника] содержится в ⟨...⟩, столько раз измеренные тобою мили содержатся в расстоянии до земного центра, как это явствует выше, на чертеже (С. А., 269об.).

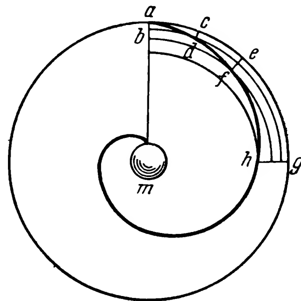
Если дано, что два земных тела, окруженных своими стихиями, соприкасаются, то какую форму примут эти стихии в местах своего соприкосновения?

Если дано сферическое тяжелое тело, находящееся в месте соприкосновения стихии огня со второй стихией огня, тело, которое одинаково тяготеет к тому и к другому центру стихий, такое тело будет опускаться по наклонной линии и расположится в месте соприкосновения обоих земных тел... и движение его будет наклонным.

Если даны центры двух миров без стихий, весьма друг от друга удаленные, и дан однородный груз, центр тяжести которого одинаково удален от названных двух центров, и если этому грузу дана возможность падать, каково будет его движение?

Он пойдет, долгое время перемещаясь таким движением, при котором каждая часть его пути всегда будет одинаково отстоять от обоих центров, и, наконец, остановится на одинаковом расстоянии от них, в самом близком от них месте на линии своего движения. И таким образом подобный груз не приблизится ни к тому, ни к другому центру обоих миров[8] (F, 83об. а).

О тяжести, опускающейся в воздухе, при условии, что стихии вращаются, совершая полный оборот в 24 часа. Тело, опускающееся из высшей части сферы огня, совершит прямое движение до Земли, хотя бы стихии и находились в постоянном круговом движении вокруг центра мира. Доказывается так: пусть *b* будет тяжелое тело, которое движется сквозь стихии из *a*, чтобы опуститься к центру мира *m*. Я говорю, что такое тяжелое тело хотя и совершает спуск по



кривой, наподобие винтовой линии, все же никогда не уклонится от своего прямолинейного спуска, который идет постоянно вперед от

места, из которого начался, до центра мира. Ибо если тело отправляется из точки *a* и опускается в *b*, то за время, пока оно опускалось в *b*, оно перемещается в *d*, а место *a* передвинулось по окружности в *c*, и таким образом тело оказывается на прямой, проходящей от *c* до центра мира *m*. Когда тело опускается из *d* в *f*, то *c*, начальная точка движения, в то же время передвигается из *c* в *e*[9] и когда *f* опускается до *h*, то *e* поворачивается до *g*; и таким образом тело попадает по истечении 24 часов на Землю под тем самым местом, откуда вначале отделилось. И такое движение является составным: если тело опускается от самой высокой к самой низкой части стихий в 24 часа, движение его слагается из прямого и кривого. Прямого, говорю, потому, что оно никогда не уклонится от кратчайшей линии, простирающейся от места, где оно отделилось, до центра стихий; и остановится оно на самом низком конце этой прямой, всегда находящейся по зениту под тем местом, откуда это движущееся отделилось. И такое движение — само по себе кривое во всех частях линии; следовательно, кривое и в конце во всей линии. Отсюда происходит, что камень, брошенный с башни, не ударит о бок этой башни, прежде чем окажется на земле (G, 55).

О трении небес, производит ли оно звук или нет? Всякий звук причиняется воздухом, ударяющимся о плотное тело, и если он будет производиться двумя тяжелыми телами совместно, то произойдет это благодаря воздуху, который их окружает; и такое трение стирает трущиеся тела. Отсюда следовало бы, что небеса при своем трении, не имея между собою воздуха, не произвели бы звука. И если бы такое трение существовало в самом деле, то за столько столетий, в течение которых эти небеса вращаются, они были бы истерты столь огромной быстротой, совершавшейся изо дня в день. И если бы они все же производили звук, то распространяться он не мог бы; ибо звук столкновения и под водой мало ощутителен, а в плотных телах мало или совсем не ощущался бы. Кроме того, в гладких телах трение их не производит звука, что равным образом привело бы к отсутствию звука при соприкасании, или, вер-

нее, трении небес. И если небеса эти не были отполированы, соприкасаясь при своем трении, следует, что они будут бугристы и шероховаты; поэтому соприкасание их не сплошное, а если так, то образуется пустота, о которой сделано заключение, что ее в природе не существует. Итак, следует, что трение стерло бы границы каждого неба, и насколько быстрее движется небо у середины, чем у полюсов, настолько быстрее оно стиралось бы у середины, нежели у полюсов, а потому оно больше уже не терлось бы и звук прекратился бы и танцоры остановились, разве что небеса вращались бы одно к востоку, а другое к северу[10] (F, 56об.).



АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ



О книгах по анатомии и об анатомических рисунках

Я открываю людям происхождение первой (а может быть — второй) причины их бытия (W. An. III, 3об.).

В своей «Анатомии» ты должен изобразить все ступени развития органов, от возникновения человека до его смерти и до смерти костей, и какая часть из них уничтожается сначала и какая часть дольше сохраняется.

И точно так же от крайней худобы до крайней тучности (W. An. VI, 22).

Этот труд должен начинаться с зачатия человека и должен описать особенности матки, и как в ней обитает ребенок, и на какой ступени он в ней находится, и способ, каким он живится и питается, и рост его, и какой промежуток между одной стадией его роста и другой, и что́ выталкивает его вон из тела матери, и почему иногда из чрева своей матери выходит он ранее должного срока. Затем опишешь, какие члены по рождении ребенка растут быстрее других, и дашь размеры годовалого ребенка. Затем опиши взрослого мужчину и женщину и их размеры, и существенные черты их строения, цвета и физиономии. Затем опиши, как сложен он из жил (vene), нервов (ner-

vi), мускулов и костей. Это сделаешь ты в последней книге: Представь затем в четырех картинах четыре всеобщих человеческих состояния, а именно — радость с разнообразными движениями смеющихся, и причину смеха представь, плач в разных видах с его причиной, распрю с разными движениями: убийство, бегство, страх, жестокость, дерзость, резню и все, что относится к подобным состояниям. Затем представь усилия с тягой, толканием, несением, упором, подпиранием и т. п. Далее опиши позы и движения; затем идет перспектива применительно к функции глаза; и применительно к слуху скажешь о музыке; и опишешь другие чувства. Затем опиши природу пяти чувств (W. An. B, 20об.).

Описать начало человека, когда он зачинается в матке, и почему восьмимесячный ребенок неспособен жить; что такое чихание, что такое зевота, падучая болезнь, спазм, паралич, озноб, потение, усталость, голод, сон, жажда, похоть? (W. An. B, 42).

Начни свою «Анатомию» с совершенного человека, потом изобрази его стариком и менее мускулистым, а затем постепенно удаляй с него все, вплоть до костей. А младенца ты изобразишь затем вместе с маткой (W. An. B, 42).

Начни «Анатомию» с головы и кончи ее поверхностью ступни (W. An. A, 3).

О том, что живописцу необходимо знать внутреннее строение человека. Тот живописец, которому известна природа сухожилий (nervi), мускулов и длинных тонких мышц (lacierti), будет хорошо знать, передавая движения членов, сколько сухожилий и какие именно являются их причиной, и какой мускул, вздуваясь, становится причиной укорачивания этого сухожилия, и какие жилы (corde), обращаясь в тончайшие хрящи, объемлют и принимают названный мускул. Тогда он сумеет разнообразно и всесторонне показать различные мускулы посредством различных действий фигур. И он не будет поступать, как многие, которые при различных позах всегда показывают то же самое в руках,

спине, груди и ногах, что следует считать немалой ошибкой (B. N., 2038, 27).

И ты, хотящий словами явить фигуру человека во всех видах ее членения, оставь это намерение, потому что, чем более ты будешь углубляться в описание частей, тем более будешь смущать дух читателя и тем более будешь удалять его от знания описываемых вещей; потому необходимо рисовать и описывать (W. An. A, 14об.).

О писатель! Какими словами опишешь ты целостную фигуру с тем же совершенством, как это делает здесь рисунок? Ты пишешь сбивчиво, потому что у тебя нет понимания, и ты даешь мало знания об истинных фигурах вещей. Обманывая сам себя, ты намерен этим вполне удовлетворить слушателя, когда говоришь о фигуре какой-либо телесной вещи, ограниченной поверхностями. Однако напоминаю тебе: не запутывайся в словах, коль скоро ты говоришь не со слепыми. Или, если ты хочешь показывать при помощи слов, обращаясь к ушам, а не к глазам человеческим, то говори тогда о субстанциальных или натуральных предметах и не запутывайся в вещах, являющихся достоянием глаза, пропуская их через уши, ибо творение художника намного превзойдет тебя. Какими словами опишешь ты это сердце, не наполнив целой книги? И чем тщательнее и подробнее ты будешь писать, тем больше будешь смущать ум слушателя; и всегда будешь нуждаться в комментаторах или в обращении к опыту, каковой у тебя очень скуден и дает немногие сведения о том целом, к полному познанию которого ты стремишься (W. An. II, 1).

И ты, утверждающий, что лучше заниматься анатомированием, чем рассматриванием подобных рисунков, ты был бы прав, если бы все эти вещи, показываемые в подобных рисунках, можно было наблюдать на одном теле, в котором ты, со всем своим умом, не увидишь ничего и ни о чем не составишь представления, кроме разве как о нескольких немногих венах, ради которых я, для правильного и полного понятия о них, произвел рассечение более десяти человеческих тел, разрушая все прочие члены, уничтожая вплоть до мель-

чайших частиц все мясо, находившееся вокруг этих вен, не заливая их кровью, если не считать незаметного излияния от разрыва волосных сосудов. И одного трупа было недостаточно на такое продолжительное время, так что приходилось работать последовательно над целым рядом их для того, чтобы получить законченное знание; что повторил я дважды, дабы наблюсти различия. И если даже ты имел бы любовь к предмету, тебя, быть может, отшатнуло бы отвращение и даже если бы не отшатнуло оно, то, может быть, тебе помешал бы страх находиться в ночную пору в обществе подобных разрезанных на части, ободранных, страшных видом своим мертвецов; и даже если это не помешало бы тебе, быть может, будет недоставать тебе точности рисунка, необходимой в подобных изображениях. И если бы ты овладел рисунком, у тебя не было бы еще знания перспективы; и даже если бы рисунок и сопровождался знанием последней, то требовался бы еще строй геометрического доказательства и метод расчета сил и крепости мышц. И, может быть, терпения не хватит у тебя, и ты не будешь прилежен. Обладал ли я этим всем, или нет, об этом дадут ответ 120 мною составленных книг, причем не мешали мне ни корысть, ни нерадение, а только время. Прощай (W. An. I, 13об.).

Настоящее представление о всех фигурах получается при знании их ширины, длины и глубины; следовательно, если я все это представлю в фигуре человека, то дам о нем настоящее понятие любому здравому интеллекту. Прокомментируй эти слова, потому что они неясны (W. An. A, 4об.).

Если натура, будучи рельефной, тебе кажется более понятной, нежели этот рисунок, и понятность эта обусловлена тем, что мы в состоянии видеть предмет с разных сторон, ты должен знать, что в этих моих рисунках представлено то же самое с тех же самых сторон. Следовательно, от тебя не останется скрытой ни одна часть этих членов (W. An. A, 14об.).

П о р я д о к к н и г и. Это мое изображение человеческого тела будет для тебя столь же наглядно, как если бы перед тобой находился

натуральный человек. И причина та, что если ты хочешь хорошенько распознать части анатомированного человека, ты должен поворачивать его или свой глаз, рассматривая с разных сторон — снизу, сверху, с боков, вращая его и разыскивая начало каждого члена; и таким образом натуральная анатомия удовлетворит твое познание. Однако ты должен понять, что такое познание не может удовлетворить тебя вполне, поскольку величайшая путаница получается при смешении тканей с венами, артериями, нервами, жилами, мускулами, костями, с кровью, окрашивающей в одинаковый цвет любую часть. И сосуды, которые лишаются этой крови, не могут быть распознаны по причине своего уменьшения. А целость тканей при поисках частей, заключенных внутри их, повреждается, и их прозрачность, окрашиваемая кровью, не дает тебе распознать покрытые ими части по причине однородности их кровавого цвета. И ты не можешь получить познания об одной, не разрушив другой. Вот почему необходимо произвести несколько анатомирований. Первые три нужны тебе для того, чтобы получить полное представление о венах и артериях, разрушая с величайшей тщательностью все остальное; три других — для того, чтобы получить представление об оболочках (pannicoli); три — для сухожилий, мускулов и связок; три — для костей и хрящей; три — для анатомии костей, которые должны быть распилены, чтобы выяснить, какие из них имеют полость и какие ее не имеют, какие имеют костный мозг или губчатое вещество, какие толсты и какие тонки (снаружи внутрь). И некоторые кости в определенной своей части очень тонки, а в другой части — толсты. Или в определенной части имеют отверстия, а в другой заполнены костью, костным мозгом или губчатым веществом. И таким образом, все это иногда окажется в одной и той же кости, зато в другой кости не будет ничего из этого. И тебе нужно будет произвести три анатомирования женщины,— в ней скрывается великая тайна матки и ее плода. Стало быть, посредством моих рисунков, благодаря показыванию трех различных аспектов каждой части, тебе станут известными любая часть и любое целое. В самом деле, когда ты рассмотришь какой-нибудь орган спереди,

с соответствующим нервом, сухожилием или веной, берущими начало на противоположной стороне, тогда тебе будет показан тот же самый орган сбоку или сзади, не иначе, как если бы этот орган находился у тебя в руках и ты поворачивал его в ту и другую сторону до тех пор, пока не получишь полного представления о том, что ты желал знать. И точно таким же образом тебе будет показан в трех или четырех видах, в разных аспектах каждый орган так, что ты получишь истинное и полное представление о том, о чем ты желал знать в фигуре человеческой.

И так здесь, в пятнадцати целых рисунках будет тебе показана космография малого мира, в том же порядке, какой до меня принят был Птолемеем в его космографии. И разделю я ее на члены так же, как он поделил целое на провинции, и затем скажу я о функциях всех частей в каждом отношении, воочию дав тебе понятие о всей фигуре и способностях человека в отношении пространственного движения посредством этих частей. Итак, если угодно будет нашему создателю, я смогу показать природу людей и их привычки подобно тому, как я описываю их фигуру.

И напоминаю тебе, что анатомия нервов не даст тебе расположения их разветвлений, ни того, в каких мускулах они ветвятся, если вымачивать тела в проточной или известковой воде; ибо, хотя начало их бывает доступно твоему наблюдению без такой воды, как и с нею,— разветвления их соединяются струей воды в одно, не иначе, как расчесываемый для пряжи лен или пенька, сплетенные в пучок, так что невозможно обнаружить вновь, в какие мускулы или какими и сколькими ответвлениями нервы проникают в названные мускулы (W. An. I, 2).

О способе, каким надлежит изображать причины движений каждого члена. Сначала изобрази мышцы, движущие кость, называемую osso aiutorio [плечевую]; затем изобрази на этой кости мышцы, движущие предплечье при его выпрямлении или сгибании. Затем отдельно покажи мышцы, начинающиеся на его кости, которые служат единственно для вращения

руки, когда она поворачивает ладонь кверху. Далее изобрази на предплечье только те мышцы, которые движут руку вверх и вниз, вправо и влево, при неподвижных пальцах; далее изобрази мышцы, которые движут одни лишь пальцы, сгибая, выпрямляя, раздвигая и сближая их. Но сначала изобрази целое, как это делается в космографии, а затем раздели на указанные части. И так же поступи с бедром, голенью и стопой (W. An. A, 16об.).

Когда ты изображаешь легкое[1], делай его с просветами, чтобы оно не закрывало то, что находится сзади, и пусть такими просветами будут все ветвления трахеи, артериальной вены [легочной артерии] и полой вены. И затем, вокруг них обведи контур, показывающий истинные очертания, положение и величину этого легкого.

Сначала изобрази все ветвления, образуемые трахеей в легком, затем ветвления вен и артерий порознь и затем изобрази все вместе. Но следуй методе Птолемея в его «Космографии» в обратном порядке: сначала дай понятие об отдельных частях, и затем лучше уразумеешь целое в его сложении (W. An. III, 10об.).

Ты изобразишь обе эти стопы повернутыми в одном и том же направлении. И не беспокойся, что одна из них останется правой, а другая левой, ибо если делать так, будет понятнее.

Сначала ты изобразишь все эти кости отдельно, расположенные так, чтобы каждая смотрела, т. е. была повернута в сторону той кости, от которой она была отделена и где она должна вновь соединиться, когда ты станешь вновь собирать кости этой стопы, возвращая ее в прежний вид. И такое изображение делается для лучшего понимания истинной формы каждой кости порознь. То же самое будешь ты соблюдать при любом изображении любого члена, с какой бы точки зрения ни было (W. An. A, 1).

Сначала ты изобразишь эти кости распиленными вдоль и поперек, чтобы видно было, где кости толстые и где тонкие, затем изобрази их вместе с разъединенными, как здесь наверху, но с четырех точек зрения, чтобы можно было понять их истинную форму; и далее покрывай их постепенно сухожилиями (nervi), венами и мускулами...

Истинное познание формы какого-либо тела получится из рассмотрения его с разных точек зрения. И потому, чтобы дать понятие об истинной форме какого-либо члена человека, первого зверя среди животных, буду я соблюдать это правило, делая четыре изображения каждого члена с четырех сторон. И в случае костей буду я делать пять, распиливая их посредине и показывая полость каждой из них. Одни из этих полостей имеют костный мозг, другие — губчатую массу, одни — пустые, другие — плотные (W. An. A, 1об.).

Сначала ты нарисуешь кости отдельно и немного вынутыми из сустава, чтобы лучше различить очертания каждой кости порознь. Затем ты соединишь их друг с другом так, чтобы они ни в чем не отклонялись от первого рисунка, кроме тех частей, которые друг друга закрывают при соприкосновении. Когда это сделано, сделаешь третий рисунок с теми мускулами, которые связывают друг с другом кости. Затем сделаешь четвертый — нервов, которые являются передатчиками ощущения. Затем следует пятый — нервы, которые приводят в движение, или, вернее, передают ощущение первым суставам пальцев. И в шестых сделаешь верхние мускулы ноги, в которых распределяются чувствующие нервы. И седьмой пусть будет рисунком вен, питающих эти мускулы ноги. Восьмой пусть будет рисунком нервов, движущих концы пальцев. Девятый — рисунком вен и артерий, располагающихся между мясом и кожей. Десятый и последний должен быть готовая нога со всеми ощущениями. Ты мог бы сделать еще одиннадцатый, наподобие прозрачной ноги, в которой можно было бы видеть все названное выше.

Но сначала изобрази чувствующие нервы ноги и их разветвления с четырех сторон, чтобы можно было хорошо видеть, где такие нервы берут начало. А затем изобрази молодую и изящную ногу с немногими мускулами (W. An. A, 18).

Ты изобразишь эти кости шеи с трех сторон, когда они соединены вместе, и с трех сторон, когда они разъединены. А также изобразишь их еще с двух сторон, т. е. снизу и сверху. Таким образом ты дашь настоящее понятие об их формах. Для древних и новых писателей



Нога человека (W. An. A., 17)



Мыщцы руки (W. An. A. 9об.).

49 Леонардо да Винчи

было невозможно дать настоящее понятие о них без огромных, скучных и сбивчивых описаний и огромной траты времени. Но этим кратчайшим способом изображать их с разных сторон будет дано о них полное и истинное понятие. И дабы такое благодеяние, оказываемое мною людям, принесло им пользу, я помечаю, как нужно перепечатывать эти рисунки в порядке, и прошу вас, преемники, пусть скупость не понуждает вас печатать в 〈...〉 (W. An. A, 8об.).

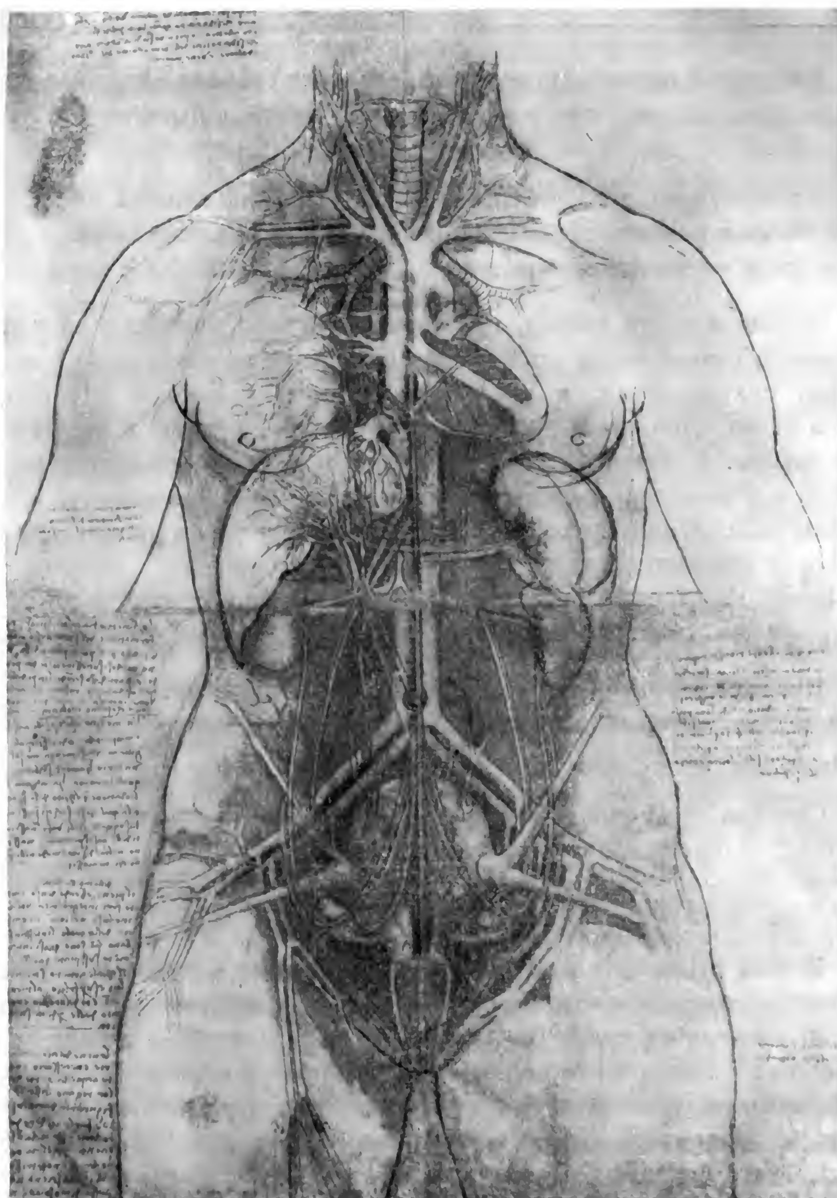
Я поворачиваю предплечье (braccio) по 8 направлениям; три из них — кнаружи, три — внутрь, одно — назад, другое — вперед. И поворачиваю еще по 8-ми, когда обе его кости (fucili) пересекаются [см. рис. на стр.769, справа внизу] (W. An. A, 9об.).

Внутренние орудия крови, т. е. разветвление всех вен, представленное с четырех точек зрения, т. е. спереди, сзади, справа и слева, со всеми размерами,— исполненное несколько более редким или расширенным для большей ясности. А затем должна быть изображена одна вена спереди, в ее собственном виде и положении, т. е. с показанием, против каких ребер или против какого позвонка она находится и на каком расстоянии она начинает отходить от центра позвоночника (W. An. I, 10).

[Наверху слева] Покажи это же самое еще сбоку, чтобы дать понятие, насколько одна часть находится за другой; а затем еще — сзади, чтобы дать понятие о венах, заслоняемых позвоночником, сердцем и более крупными венами.

[Ниже слева] Нарисуй, каким образом и какое ветвление вен печени подходит одно под другое.

[Внизу слева] Вены полая (del cilo) и артериальная (delle arterie). Что касается части, где вены идут вдоль спины, необходимо изобразить с оборотной стороны (т. е. показать сбоку) то место, где вены касаются спины, ибо те более мелкие вены, которые питают кости спины, не могут быть показаны на помещенном рисунке [2] (W. An. I, 12).



Анатомический рисунок женщины (W. An. I, 12).

Раскрывай постепенно все части человека спереди, создавая свою «Анатомию», и действуй так, пока не дойдешь до костей (W. An. VI, 21).

Когда будешь изображать эту спину, сначала помести кости, затем кости и поясничные мышцы (lonbi), затем — вены, затем — прочие части на различных рисунках (W. An. III, 3).

Закончив кости голени, проставь число всех костей, а на конце нервов обозначь число этих нервов. И так же ты поступишь с мышцами, сухожилиями, венами и артериями, указывая: столько-то их в бедре, столько-то — в голени, столько — в стопе и столько — в пальцах. И затем укажешь: столько-то мыщц, начинающихся на кости и кончающихся на кости, и столько — начинающихся на кости и кончающихся в другой мышце. И таким образом опиши любую частицу каждого члена, а в особенности разветвлений, которые образуемы некоторыми мышцами, дающими начало различным сухожилиям [см. рис. на стр. 777] (W. An. V, .4)

Кусков костей, из которых состоит стопа человека, всего 27, считая те два, которые находятся под основанием большого пальца (W. An. A, 3об.).

Сначала представь кости раздельно, с их капсулами (sassule), в которых они соединяются, а затем соедини их вместе, и в особенности большой вертел бедра, или сочленение берцовой кости [3] (W. An. V, 22).

Изображение руки. Первый рисунок руки будет изображать голые ее кости. Второй — связки и различные сцепления жил, которые их связывают друг с другом. Третий — мышц, которые зарождаются на этих костях. Четвертый — первых сухожилий, которые лежат на этих мышцах и дают движение концам пальцев. Пятый будет показывать второй ряд сухожилий, движущих все пальцы и кончающихся у предпоследних костных фаланг этих пальцев. Шестой покажет нервы, передающие ощущение пальцам руки.

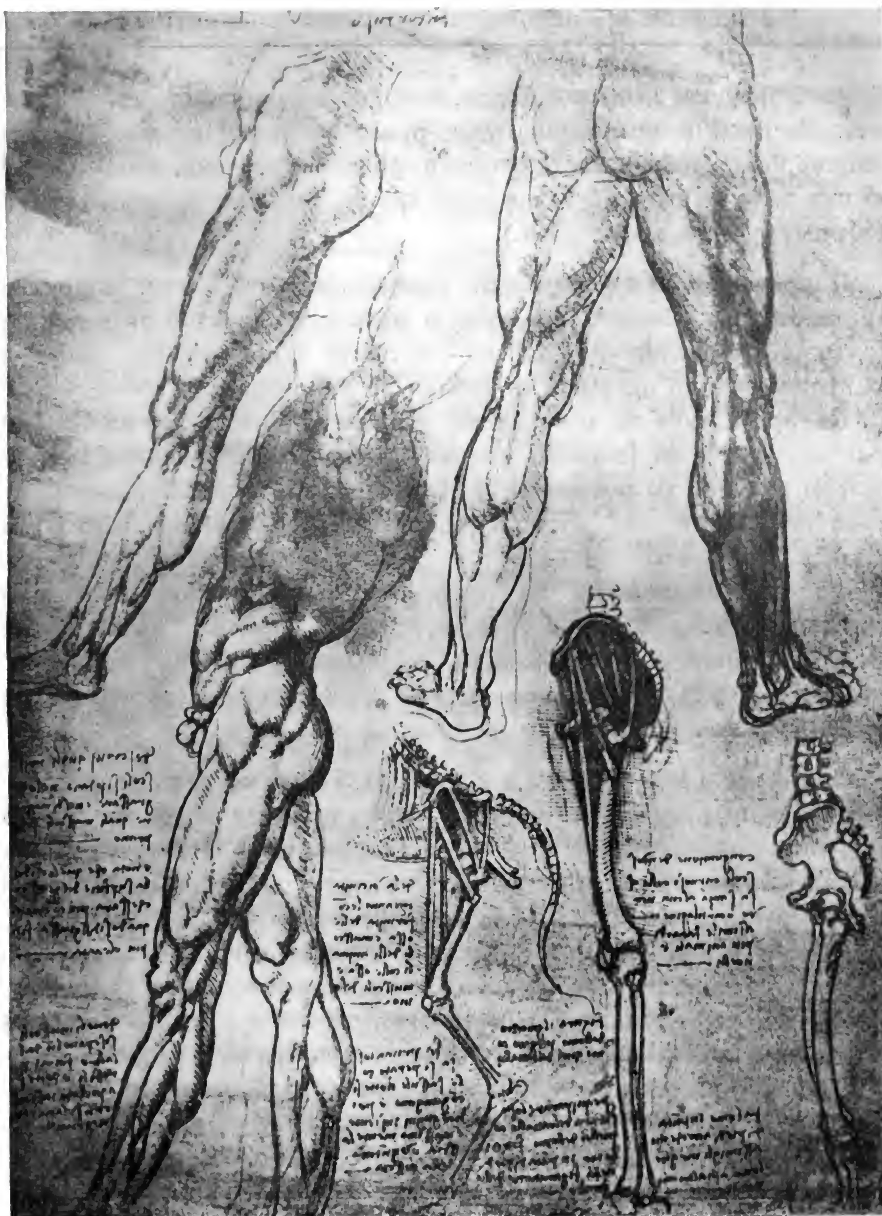
Седьмой покажет вены и артерии, которые дают пищу и «дух» пальцам. Восьмой и последний будет рука, покрытая кожей. И рука должна быть изображена старческая, юноши и ребенка, и на каждой из них должна быть показана мера длины, толщины и ширины каждой части (W. An. A., 10об.).

Порядок анатомии. Сначала нарисуй кости, например предплечья, и обозначь движущую мышцу (il motore) от плеча до локтя со всеми линиями; далее — от локтя к предплечью; далее — от предплечья до пястья и от пястья до пальцев.

На предплечье ты изобразишь движущие мышцы растопыриваемых пальцев и на [первом] рисунке ты изобразишь только их. На втором рисунке ты покроешь эти мышцы вторыми движущими мышцами пальцев и так будешь продолжать постепенно, чтобы не создать путаницы.

Но сначала помести на костях те мышцы, которые с этими костями соединяются, не смешивая их с другими мышцами, а вместе с ними ты изобразишь нервы и вены, их питающие, причем сначала представишь дерево вен и нервов поверх голых костей (W. An. B, 24).

О руке (mano) изнутри. 1. Когда ты начинаешь изображать руку изнутри, то сначала представь все кости несколько разъединенными друг от друга, дабы можно было легко различить действительные очертания каждой кости руки со стороны сгибающей мышцы руки (parte dimesticha), а также действительное число и положение каждой. Некоторые кости изобрази распиленными в толщину, т. е. по длине, дабы можно было показать, какие из них пустые, а какие — полные. 2. Сделав это, собери все эти кости вместе в точках их действительного соприкосновения и изобрази всю руку изнутри совершенно раскрытую. 3. Затем расположи все изображения первых связок этих костей. 4. Еще рисунок должен изображать мышцы, которые связывают друг с другом запястье (rasetta) и ладонь вместе с пальцами (pettine). 5. Пятый покажет сухожилия, приводящие в движение первые суставы пальцев. 6. Шестой —



Страница анатомической рукописи (W. An. V, 22).

сухожилия, приводящие в движение вторые суставы пальцев. 7. Седьмой — те, которые приводят в движение третьи суставы этих пальцев. 8. Восьмой покажет нервы, идущие от [центра] чувства. 9. Девятый—вены и артерии. 10. Десятый покажет всю руку, законченную, с ее кожей и ее размерами, каковые размеры будут обозначены также на костях. И то, что ты делаешь для указанной стороны руки, сделай и для других трех ее аспектов, т. е. для стороны сгибающей мышцы (parte dimesticha), для тыльной стороны, для стороны разгибающей мышцы (parte silvestra) и для стороны лицевой — они были указаны выше. Таким образом, в главе о руке будет 40 рисунков, и так следует поступать для каждого члена. И подобным путем будет дано полное понятие и т. д.

Затем ты напишешь рассуждение о лапах (mani) каждого животного, дабы показать, в чем они разнятся, как, например, у медведя, у которого связь жил пальцев стопы соединяется над шейкой [collo, плюсной] этой стопы (W. An. I, 2).

Дай анатомию голени до берцовой части со всех сторон, во всех ее действиях и всех обличиях, показав вены, артерии, нервы, сухожилия, мышцы, кожу и кости и затем распиленные кости, чтобы можно было видеть их толщину (K, 108).

Три законченных человека, три — с костями и венами, три — с костями и нервами, три — с костями только. Таковы двенадцать рисунков (dimostrationi) полных фигур (W. An. B, 6).

О строении человека и животных

О пути к универсальности. Тому, кто научился изображать человека, легко потом стать универсальным, ибо все земные животные имеют сходство в своих членах, а именно они имеют мышцы, сухожилия (nervi) и кости, и вариации существуют только в их длине или толщине, как будет показано в «Анатомии». Существуют, кроме того, водные животные, они весьма разнообразны, и

я не советую живописцу искать для них правила; ибо разнообразие их едва ли не бесконечно. И таковы же насекомые (G, 5об.).

Описание человека, которое охватывает и тех, кто почти подобного ему вида, как павиан, обезьяна и многие другие.

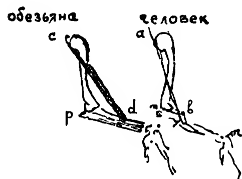
Лев и примыкающие к нему, каковы пантеры, ягуары, тигры, леопарды, рыси, испанские кошки, дикие и домашние кошки и т. д.

Конь и примыкающие к нему, каковы мул, осел и другие подобные, имеющие зубы вверху и внизу.

Бык и примыкающие к нему рогатые животные, без верних зубов, каковы буйвол, олень, лань, козуля, овцы, козы, каменные бараны, мускусные олени, дикие козы, жирафы (W. An. B, 13).

Здесь я напоминаю тебе, что нужно показать разницу между человеком и конем и точно так же другими животными. И я начну с костей и прослежу все мышцы, которые без сухожилий возникают и кончаются на костях, а далее — те, которые с сухожилиями возникают и кончаются на кости, и, наконец, те, которые имеют только одно сухожилие на одном конце (K, 109об.).

Опиши разнообразие внутренностей человеческой породы, обезьян и подобных им. Затем их отличия у львиной породы, затем у рогатого скота и, наконец, у птиц, и используй это описание для рассуждения (W. An. B, 37).



Когда сухожилие (nervo) *cd* забирает кость *vp* ближе к руке (mano) то эта рука поднимает тем больший вес; и это делает обезьяна, руки у которой сравнительно сильнее, чем у человека (W. An. B, 9об.).

Изобразишь при этом сопоставлении ноги лягушек, которые имеют большое сходство с ногами (gambe) человека как в костях, так и в своих мышцах, затем исполнишь задние ноги зайца, которые весьма мускулисты и с отчетливыми мускулами потому, что им не мешает жир (W. An. B, 9об.).



Линии мышц и кости ноги (W. An. V, 4).

Изобрази здесь стопы медведя и обезьяны и других животных с тем, чем отличаются они от стопы человека, и также помести стопы какой-нибудь птицы (W. An. A, 17).

Соединение мясистых мышц с костью, без какого-либо сухожилия (nervo) или хряща.

И то же сделаешь для многих животных и птиц.

Изобрази человека на цыпочках, чтобы лучше сравнить его с другими животными.

Изобрази колено человека, согнутое так же, как у лошади.

Чтобы сопоставить кости лошади с костями человека, ты представишь человека на цыпочках, изображая его ноги.

О близости, которую имеют сходные черты костей и мышц у животных и человека [см. рис. на стр. 774] (W. An. V, 22).

Важнейшие определения

Анатомия. Простых частей (membri semplici) одиннадцать, а именно: хрящи, кости, нервы, вены, артерии, перепонки (pannicoli), связки, сухожилия, кожа, мясо и жир (Forst., III, 27об.).

Определение орудий. Рассуждение о нервах, мускулах, сердце, перепонках (pannicoli) и связках. Назначение нервов — передавать ощущение, и они—конница души, берущая начало в ее обители. Они повелевают мускулами, которые движут органы по благоусмотрению этой души.

Служители нервов притягивают к себе сухожилие, которые связаны с этими органами наподобие и т. д.

Сухожилия — механические инструменты, которые сами по себе не обладают ощущением, а только совершают то, что им поручено.

Перепонки связаны с мясом и находятся между этим мясом и нервом, и по большей части они связаны с хрящом.

Связки соединены с сухожилиями и являются видом перепонок, связывающих суставы костей и обращающихся в хрящи. Их столько же в каждом суставе, сколько и сухожилий, движущих этот сустав,

и столько же, сколько противоположных сухожилий, идущих к тому же суставу. Такие связки взаимно соединены и перемешаны, помогая друг другу, укрепляя и связывая друг друга.

Хрящ — твердое вещество, так сказать, отвердевшее сухожилие или размягчившаяся кость. Он всегда находится между костью и сухожилием, ибо причастен веществу обоих. Он гибок, не рвется и после сгибания сам собою выпрямляется подобно пружине.

Перепонки — некие мускулистые части, состоящие из мяса, сухожилий и нервов, сочетание которых образует целое, растяжимое во все стороны.

Мясо есть сочетание, состоящее из мускулов, жилы, нерва, крови и артерии.

Кость есть несгибаемое твердое тело, способное к сопротивлению; она лишена ощущения и завершается на своих концах хрящами. Костный мозг состоит из губчатого вещества (spungha), крови и мягкого жира, покрытого тончайшим покровом (velo). Губчатое вещество состоит из кости, жира и крови.

Перепонки бывают трех видов: сухожильная, нервная и состоящая из нерва и сухожилия. Смешанная соткана из сухожилия, нерва, мускула, вены и артерии.

Перепонки, находящиеся между сухожилиями и хрящами, созданы для соединения сухожилия и хряща посредством широкой и непрерывной связи, дабы это сухожилие не рвалось от чрезмерного напряжения. И когда мускул утолщается сам собою, он не тянет к себе ни сухожилие, ни какой-либо член, а, наоборот, сухожилие тянет его в сторону перепонки и хряща; так это бывает с мускулами внутри желудочков сердца, сжимающими его выходы. Что касается мускулов других членов, то они подтягиваются к кости, к которой прикреплены, и тянут за собой сухожилие вместе с тем членом, который соединен с этим сухожилием.

Слезы исходят из сердца, а не из мозга.

Определи все части, из которых состоит тело, начав с кожи (cutis), его облекающей,— она часто сходит от солнца (W. An. II, 18об.).

О мышцах

Прежде чем ты сделаешь мышцы, нарисуй вместо них нити, показывающие их положение; своими концами они будут кончаться в месте прикрепления мышц к их кости. И это дает удобнейшее понятие, если ты хочешь мышцы изобразить все, одну над другой. А если будешь делать это иначе, чертеж твой окажется спутанным (W. An. A, 4об.).

Помни: дабы удостовериться в том, где начинается та или иная мышца, мы должны оттянуть сухожилие, порождаемое этой мышцей, так, чтобы увидеть движение ее и начало на связках костей.

Авиценна. Мышц, движущих пальцы на ноге, 60.

П а м я т к а. Ты внесешь только путаницу в изображение мышц и их положений, их начала и конца, если сперва не сделаешь рисунок мышц тонких наподобие нити; тогда ты сможешь представить их одну поверх другой, так, как их расположила природа, и тогда ты сможешь дать им названия соответственно тому органу, которому они служат, а именно: мышца, которая движет конец большого пальца, его среднюю кость или его первую и т. д. И когда ты дашь такое представление, ты изобразишь рядом истинную форму, величину и положение каждой мышцы. Однако помни, что нити, обозначающие мышцы, следует делать в тех же самых положениях, в каких находятся центральные линии каждой мышцы,— тогда подобные нити покажут фигуру ноги и их расстояния законченно и ясно...

Я удалил покровы с одного человека, который от болезни отощал настолько, что мышцы его пропали и превратились в тонкую кожицу, так что сухожилия, вместо того чтобы переходить в мышцу, превратились в широкий покров; и там, где кости были одеты этим покровом, там натуральная толщина их получала весьма незначительное приращение (W. An. A, 18).

Мышцы существуют многих видов, а именно: одни — без сухожилий, каковы, например, цепочки (catene) правого желудочка сердца и т. п.; другие — круглые, как вышеуказанный, и обособленные,—

они соединяются с приводимыми ими в движение членами только посредством уздечек (freni). Одни — широкие и тонкие, другие — широкие и грубые; одни — длинные и толстые, другие — тонкие и овальные; одни похожи на рыбу, другие на ящерицу; одни — извивающиеся, другие — прямые. У одних мышц сухожилия находятся только с одного конца, у других с обоих концов; некоторые разделены несколькими сухожилиями, — таковы продольные мышцы тела. Некоторые движут члены по всем направлениям, другие движут члены только по одному. Одни движутся вслед за своим сухожилием, другие тянут его к себе.

Итак, здесь будут даны определения каждой части, из которой состоит человек, и их функций: растяжения или сжатия, сгибания и выпрямления,— функций, ради которых создала их необходимость, а также будет указано, какие неудобства проистекают при отсутствии их (W. An. II, 15).

Существует три главных мышцы в плече, а именно *b*, *c* и *d*; две мышцы боковых, движущих его вперед и назад, а именно *a* и *o*; *a* движет его вперед, *o* оттягивает назад. Вверх поднимают *b*, *c*, *d*, вверх и вперед — *a*, *b*, *c*, вверх и назад — *c*, *d* и *o*; а для опускания вниз достаточно почти одной лишь тяжести плеча.

Мышца *d* [*b*?] действует вместе с мышцей *c*, когда рука движется вперед, а при поворачивании назад мышца *b* [*d*?] действует вместе с мышцей *c* [см. рис. на стр. 782] (W. An. VI,13).

Ж и в о п и с ь . О живописец-анатом! Желая, чтобы твои обнаженные фигуры обнаруживали все свои чувства, берегись, как бы чрезмерное знание костей, сухожилий и мышц не сделало тебя деревянным живописцем.

Итак, во избежание этого, смотри, каким образом у стариков или худых мышцы покрывают или облекают кости; и кроме того, заметь правило, как те же самые мышцы заполняют снаружи промежутки, между ними находящиеся, каковы мышцы, которые никогда, ни при какой степени тучности не перестают быть заметными, и каковы те, которые при малейшей тучности перестают быть заметными в местах



Анатомические рисунки (W. An. VI, 13)

своего соприкосновения. Весьма часты случаи, когда из нескольких мышц при пополнении получается одна, а при похудании и постарении из одной мышцы образуется несколько. И в этом рассуждении будут показаны на своем месте все их особенности, и всего более особенности их в тех промежутках, которые находятся между суставами каждого члена и т. д.

Также ты не преминешь сказать о разнообразии, которое приобретают названные мышцы какого-либо животного около суставов его членов, благодаря различию движений каждого члена, ибо на той или иной стороне этих суставов мышцы вовсе перестают быть заметными из-за увеличения или уменьшения количества мяса, образующего их, и т. д. (Е, 19об.; Т. Р., 125).

Опиши, какие мышцы пропадают при ожирении и какие мышцы обнаруживаются при похудании.

Заметь, что те места на поверхности, которые у жирного более впалы, становятся более выступающими при утрате жира.

Ты прочертишь мышцы там, где они отделяются друг от друга, и там, где они скрепляются вместе. И рисовать ты будешь только пером [см. рис. на стр. 774, текст слева внизу] (W. An. V, 22).

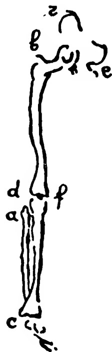
Ж и в о п и с ь. И то же ты сделаешь с ребенком, начиная от его рождения до времени его возмужания, по всем стадиям его возраста — детства, отрочества, юности, молодости и т. д.

И во всех случаях опишешь изменения членов и суставов, которые толстеют и худеют (Е, 20).

О ж и в о п и с и. Какие мышцы разделяются у стариков или у юношей, которые худеют? Каковы те места членов человеческих, где мясо ни при какой степени тучности не возрастает и ни при какой степени худобы не уменьшается?

То, что мы ищем в этом вопросе, должно быть прослежено во всех наружных сочленениях костей, как то: плече, локте, кисти, суставах пальцев, бедре, колене, лодыжке и пальцах стопы и т. п. Об этом будет сказано в надлежащих местах. Наибо́льшая толщина,

которой достигают члены, находится в той части мышцы, которая дальше отстоит от мест его прикрепления.



Мясо никогда не возрастает в той части костей, которая находится по соседству с поверхностью членов. В *b*, *r*, *d*, *a*, *c*, *e* и *f* возрастание и убывание мяса никогда не составляет значительной разницы.

Природа при движении человека расположила впереди все те части, удар о которые причиняет человеку боль. Это можно наблюдать на примере возвышенности большеберцовой кости (fusi delle ganbe), лба и носа. И сделано это ради сохранения человека, ибо если такая боль не была бы предусмотрена в этих членах, то, конечно, многие удары, ими получаемые, оказались бы причиной их разрушения.

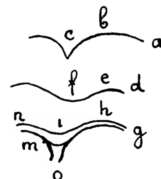
Напиши, почему кости рук и ног парные ближе к ладони и стопе. В каких местах мясо возрастает или убывает при сгибании членов? (W. An. VI, 22).

Мондино говорит[4], что мышцы, поднимающие пальцы ноги, находятся на наружной стороне (parte silvestra) бедра (coscia), и затем добавляет, что на дорсальной поверхности стопы мышц нет, ибо природа хотела сделать стопы легкими, дабы они были способны двигаться без труда; ведь если бы они были мясистыми, они оказались бы значительно тяжелее. И здесь опыт показывает, что мышцы стопы... приводят в движение вторые фаланги пальцев, а мышцы голени... движут концы этих пальцев[5] (W. An. A., 18).

Природа прикрепила все мышцы, связанные с движением пальцев, к кости голени, а не бедра, так как если бы они были прикреплены к кости бедра, то при сгибе в коленном суставе эти мышцы оказались бы заперты и сжаты ниже коленного сустава и не могли бы без великого труда и усилия обслуживать пальцы ног. То же самое — в руке при сгибе локтя (W. An. VI, 17).

М ы ш ц ы ж и в о т н ы х. Углубления между мышцами не должны иметь такой вид на картине, чтобы казалось, будто кожа

облегает две палки, соприкасающиеся друг с другом, как это показано в *c*. И не как две палки, несколько разобщенные, с провислой кожей, образующей широкую впадину, как в *f*. Они должны покоиться, как в *i*, на губчатом жире, залегающем в углах, например в углу *nmo*. Этот угол образован концами соприкасающихся мышц, и так как кожа не может опуститься в такой угол, природа заполнила его небольшим количеством губчатого или вязкого жира, с мелкими пузырьками, наполненными воздухом, который уплотняется или разрежается сам собою сообразно уплотнению или разрежению вещества мышц; тогда углубление *i* всегда имеет бо́льшую кривизну, чем мышца (G, 26; ср. Т. Р., 335).

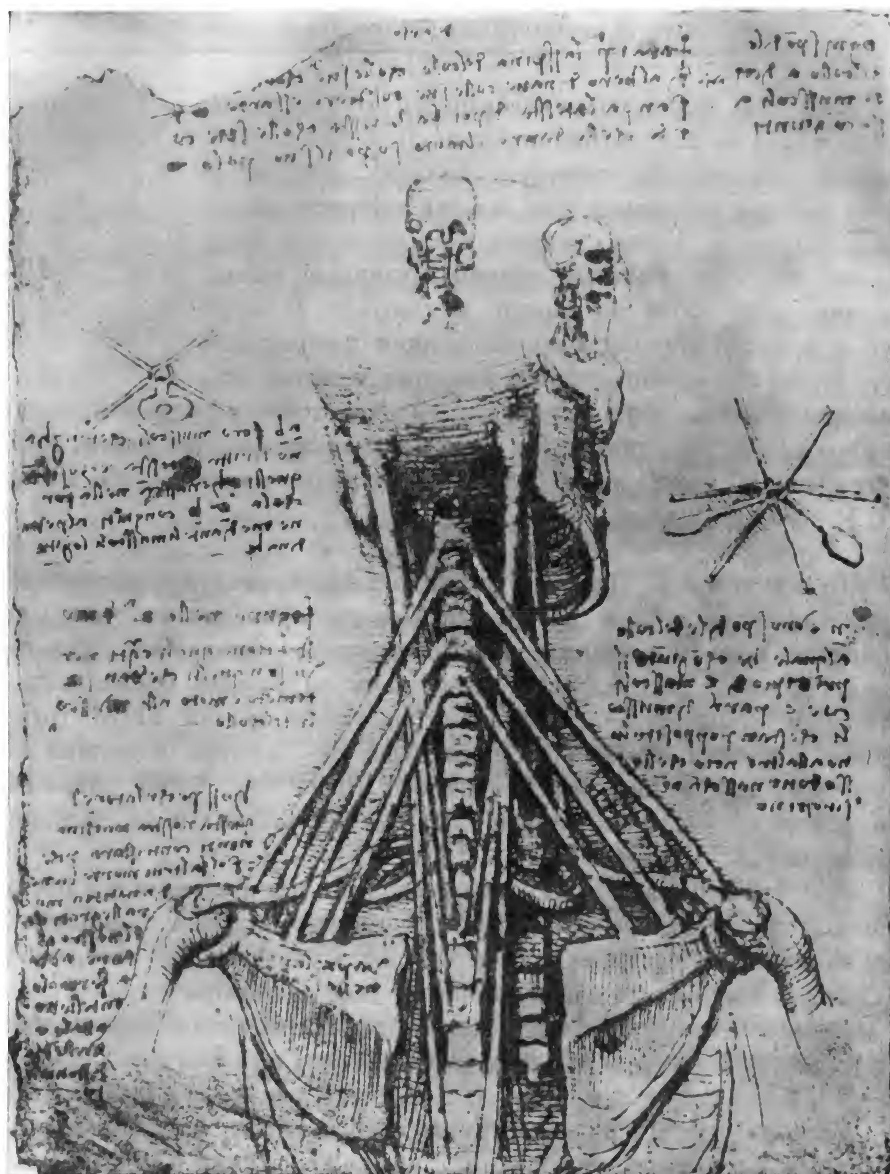


О мышцах. Природа устроила в человеке служебные мышцы; они тянут сухожилия (nervi), которые способны двигать члены сообразно воле и желанию общего чувства, наподобие служителей, которые распределены господином по разным провинциям и городам и которые представляют в таких местах этого господина, исполняя его волю. Служитель, уже не раз исполнив повеление, полученное им из уст его господина, будет затем сам в однородном случае делать то, что не отступает от воли его господина.

Так часто бывает с пальцами, которые, усвоив с великим послушанием вещь на том или ином инструменте, согласно приказаниям судящей способности, исполняют ее после усвоения без того, чтобы судящая способность обращала на нее свое внимание.

Мышцы, движущие ноги, также выполняют свои функции без знания о них человека (С. А., 119об. а).

Всякий шейный позвонок имеет 10 связанных с ним мышц. Ты изобразишь сначала позвоночник с его сухожилиями в шейной части в виде мачты с ее троссами, без головы; затем сделай голову с сухожилиями, дающими ей движение вокруг оси.



Страница анатомической рукописи (W. An. II 5об.)

ab — мышцы, которые держат голову вертикально, и то же делают мышцы, которые начинаются в ключице *cb*, соединяясь с лобковой костью (pettine) посредством продольных мышц.

Изобрази на втором рисунке, какие нервы и в каком числе передают ощущение и движение мышцам шеи.

n — шейный позвонок, с которым соединено начало трех мышц, т. е. трех пар мышц, находящихся друг против друга, чтобы кость, где они начинаются, не переломилась.

О созерцатель этой нашей машины, не печалься, что ты познаёшь ее, благодаря смерти других, но радуйся, что виновник нашего бытия поместил ум в таком превосходном инструменте! (W. An. II, 5об.).

Главные, самые большие и самые сильные мышцы у человека — его ягодицы; они обладают удивительной силой, как это будет показано там, где говорится о силе, проявляемой человеком при подъеме тяжестей (W. An. A, 6об.).

Очень часто две мышцы соединены вместе, хотя они должны служить двум различным членам. И это было сделано на случай, если одной мышце помешает какое-нибудь повреждение, чтобы другая оказалась способной отчасти заступить место той, которая выбыла из строя (W. An. A, 11об.).

О сердце и кровообращении

Чудесное орудие, изобретенное верховным художником (W. An. B, 12).

Сердце как такое — не источник жизни, а сосуд, сделанный из плотной мускулатуры, оживляемый и питаемый артерией и веной, подобно прочим мускулам. В самом деле, кровь и жилы, в нем очищающиеся, являются жизнью и питанием других мускулов, и оно такой плотности, что огонь едва может ему повредить. Это видно на сожженных людях, у которых, когда кости их превратились в пепел, сердце еще внутри кроваво. Подобную столь великую стойкость против жара природа произвела в нем, чтоб оно выдерживало

большой жар, порождаемый в левой стороне сердца кровью артерии, разжигающейся в этой камере (W. An. B, 33об.).

Происхождение моря — обратное происхождению крови, ибо море принимает в себя все реки, всецело образуемые водяным паром, поднявшимся в воздух, тогда как море крови, наоборот, есть причина всех вен (W. An. A, 4).

Сердце — орех, производящий дерево вен. Корни свои они имеют в удобрении, т. е. в венах брыжжейки, относящих получаемую кровь к печени, где затем питаются более крупные жилы печени (W. An. B, 11).

О числе вен. Вена — одна единственная и она разделяется на столько главных ветвей, сколько имеется главных мест, которые она должна питать, и ветви эти разветвляются до бесконечности (W. An. A, 4).

[рис. на стр. 789, внизу] Дерево вен.

[слева] Спиритуальные части.

Сделай разрез через середину сердца, печень, легкое и почки, чтобы ты мог полностью изобразить дерево вен (W. An. V, 1).

Anatomia venarum.

Здесь будет представлено дерево вен вообще, так, как Птолемей представил мир в своей «Космографии»; далее будут представлены вены каждого члена в частности, с разных точек зрения.

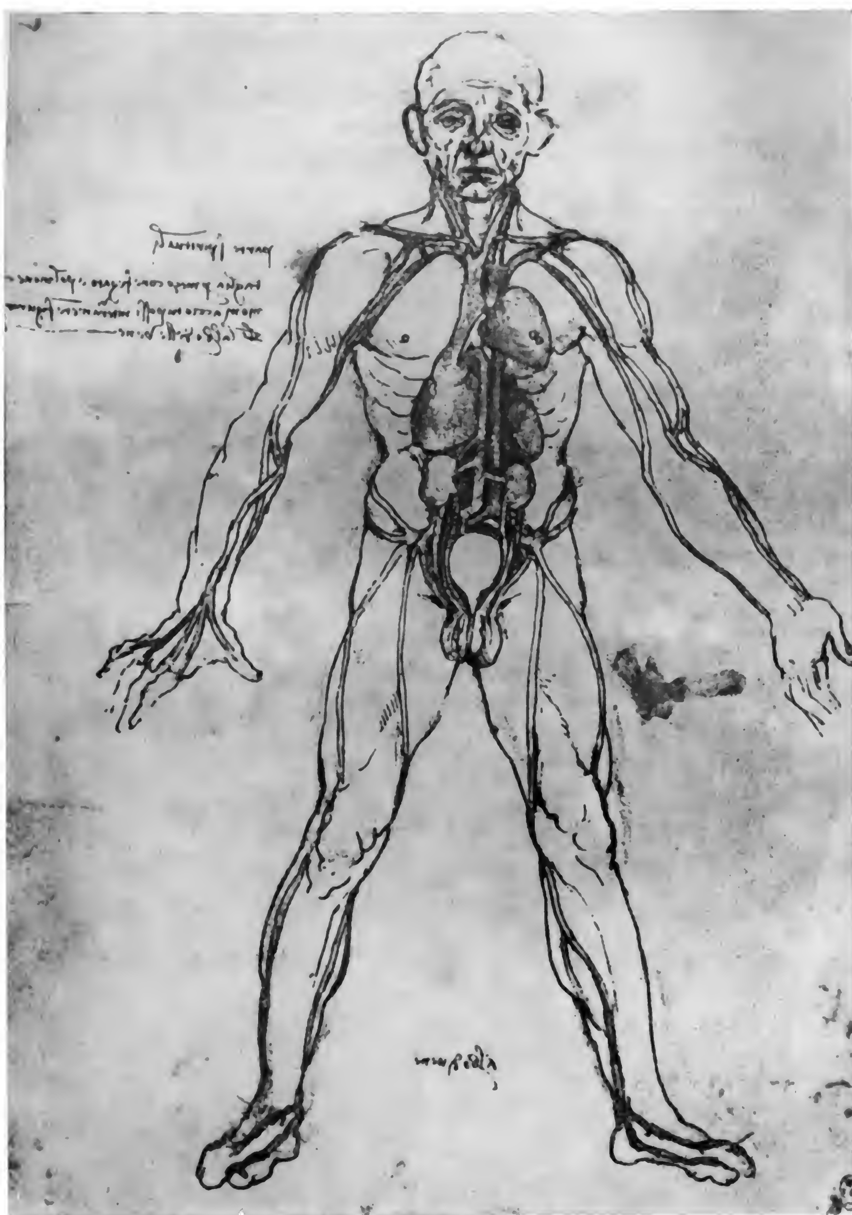
Представь картину разветвлений вен сзади, спереди и сбоку; иначе ты не сможешь дать настоящего понятия об их разветвлениях, фигуре и положении (W. An. V, 2).

Нарисуй руку Франческо миниатюриста, которая показывает много вен (W. An. B, 10, рис. на стр. 792).

О названиях вен сердца.

[Над верхним рисунком] Вена, называемая питательницей сердца.

Полая вена (vena del chilo).



«Дерево вен» (W. An. V, 1)



Сердце (W. An. II, 2об.)

[Слева от верхнего рисунка] *r* — ворота (porta) легкого, и это называется артериальной веной (vena arteriale); веной — потому что она приносит кровь, артериальной — потому что имеет две оболочки. И она имеет три клапана, которые открываются изнутри кнаружи с совершенным запором; находятся они у правого желудочка.

a — клапаны полой вены.

Вена, которая питает сердце.

[Под верхним рисунком] *ab* — сито или общая стенка.

Правый [левый] желудочек имеет два отверстия (orifiti), одно — в вену-аорту. Они открываются изнутри кнаружи. Другое отверстие в венной артерии (arteria venale), которая ведет из сердца к легкому и имеет одну оболочку; из-за тонкой крови она называется артерией, из-за того, что она — простая вена [т. е. имеет одну оболочку], называется венной.

[Над нижним рисунком] Сначала сделай околосердечную сумку (cassula).

[На нижнем рисунке] Сзади.

[Под нижним рисунком] Сначала нарисуй сердце с его венами с двух точек зрения, т. е. сзади и спереди (W. An. II, 2об.).

Шесть вещей участвуют в образовании движений, а именно кость, хрящ, перепонка (panniculo), сухожилие (corda), мускул и нерв. И все эти шесть вещей имеются в сердце (W. An. II, 23).

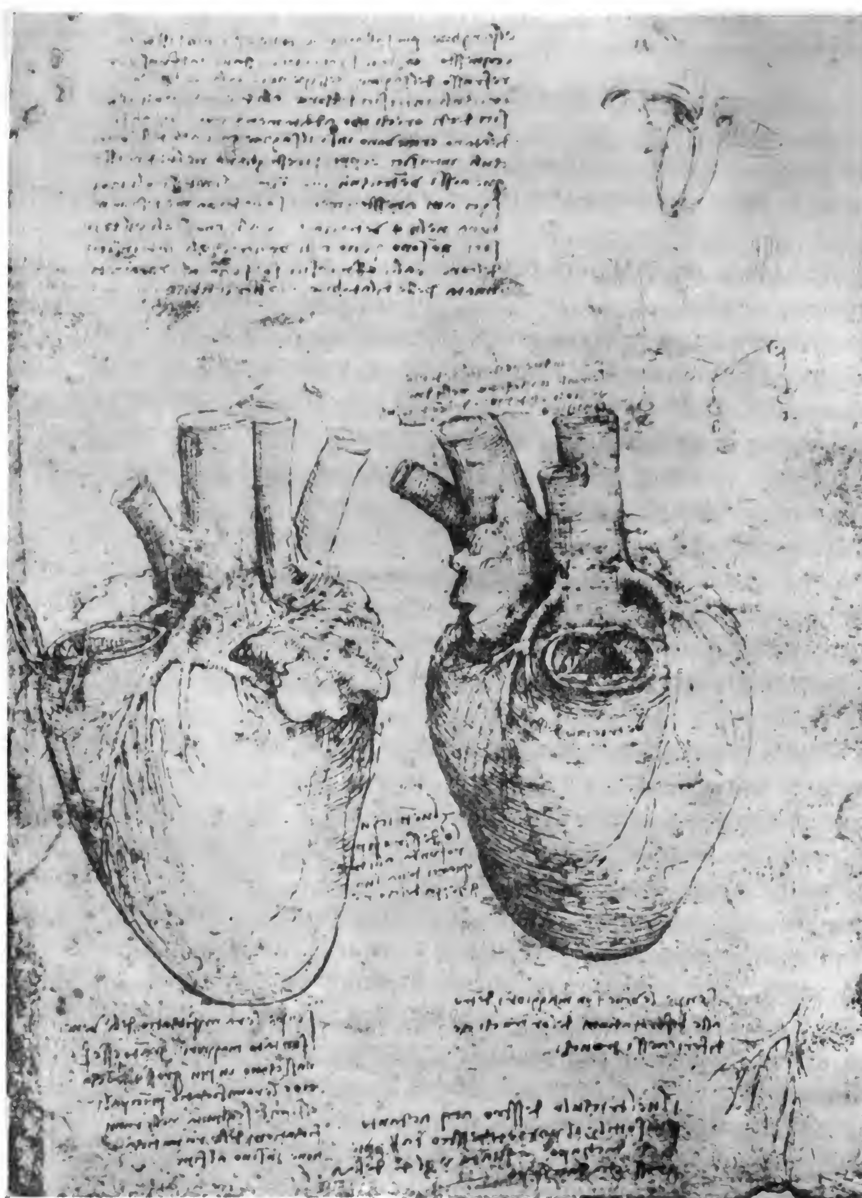
Сердце имеет четыре желудочка, а именно — два верхних, называемых ушками сердца (orechi del core), и два нижних, называемых правым и левым желудочком (W. An. II, 17об.).

Правый желудочек был сделан тяжелее левого для того, чтобы сердце находилось в наклонном положении. А когда кровь поднимается из правого желудочка и облегчает его, то, находясь в верхних желудочках, она перемещает центр тяжести в левую сторону (W. An II, 17об.).

Если ты говоришь, что левая наружная стенка сделана толстой для того, чтобы иметь бо́льший вес и служить противовесом для



Кровеносные сосуды руки (W. An. B, 10)



Сердце (W. An. II, 3об.)

правого желудочка, который имеет значительную тяжесть от крови, ты не учитываешь, что в таком уравновешивании необходимости нет, ибо все земные животные (за исключением человека) имеют лежачее сердце; так лежит сердце и у человека, когда он сам лежит в своей постели.

Притом и расчет твой неправильный, ибо сердце имеет две поддержки, спускающиеся от ключицы (furcula della gola), а именно: артерию-аорту и полую вену, а, согласно 4-му положению «О тяжестях», сердце может уравновеситься только при наличии одной поддержки. Кроме того, когда сердце при своем сокращении освобождается от веса крови, отдавая ее в распоряжение верхних желудочков, центр тяжести сердца должен бы оказаться на левой стороне и таким образом правая часть стала бы легче [6].

Этот расчет неверный, как было сказано выше, ибо у животных, которые лежат или стоят на четырех ногах, сердце лежит, как и они, и у них не требуется уравновешивать сердце... А летучая мышь, которая спит всегда вниз головой, ка́к она уравновешивает сердце с правым и левым желудочком? (W. An. II, 17).

О желудочках сердца. Сердце имеет четыре желудочка, т. е. два нижних, в существе самого сердца, и два верхних, вне существа сердца; и из них два — правых и два — левых. Правые значительно больше левых. Верхние желудочки отделены от нижних посредством неких выходов или клапанов сердца (porte del core). Нижние желудочки разделены пористой стенкой, через которую кровь проникает из правого желудочка в левый. И когда этот правый нижний желудочек сжимается, левый нижний размыкается, увлекая к себе кровь, которую дает ему правый. Что касается верхних желудочков, они непрерывно производят прилив и отлив крови, непрерывно увлекаемой ими или выталкиваемой из нижних желудочков. И так как эти верхние желудочки в большей мере способны выгонять из себя кровь, расширяющую их, нежели увлекать ее к себе, то природа сделала так, что их расширяет кровь, бегущая из нижних желудочков (каковые сжимаются самопроизвольно). Состоя из мускулов и мя-

систой ткани (pannicolo), верхние желудочки способны расширяться и принимать столько крови, сколько к ним поступает; они способны также, благодаря сильным мускулам, сокращаться и стремительно гнать кровь в желудочки нижние.

Когда один из нижних желудочков размыкается, другой сокращается, и то же делают желудочки верхние. Таким образом, когда нижний правый желудочек расширяется, левый верхний сокращается, а когда размыкается нижний левый желудочек, правый верхний сжимается [7]. И так, посредством подобного прилива и отлива, совершающегося с большой скоростью, кровь разогревается, утончается и становится столь горячей, что не будь помощи меха, называемого легким, которое увлекает при своем расширении свежий воздух, нагнетает его и приводит в соприкосновение с оболочками венных разветвлений, освежая их, не будь его помощи, кровь стала бы настолько горячей, что удушила бы сердце и лишила его жизни.

Ответ противнику, оспаривающему число желудочков и говорящему, что их не четыре, а два, на том-де основании, что они составляют непрерывное единое целое, два — справа и точно также два — слева. Здесь ответ гласит, что если правые и левые желудочки составляют на самом деле один правый и один левый желудочек, то необходимо, чтобы в одно и то же время они выполняли одну и ту же функцию, а не функции противоположные на одной и той же правой стороне, как явствует из их прилива и отлива.

И далее, если они — одно целое, то непонятны отделяющие их друг от друга жилистые клапаны (uscioli nervosi). И если они — одно целое, то непонятно, почему одна часть размыкается, когда другая сжимается?

А кроме того, как явствует из самого существа понятия, одним членом называется то, что в одно и то же время выполняет одну и ту же функцию. Например, хотя и кажется, что тело меха или тело волынки составляет одно целое с телом человека, когда он в них дует, тем не менее они не составляют нечто единое и не выполняют в одно и то же время одну и ту же функцию; ибо когда легкое человека опорожняется от своего воздуха, в это же самое время мешок волынки

наполняется этим же самым воздухом. Отсюда, следовательно, вывод, что верхние желудочки сердца отличны в своих функциях, в своем существе и в своей природе от нижних, и они отделены от них хрящом и разными располагающимися между ними субстанциями, а именно жилистой тканью (pannicolo nervoso) и большим количеством жира.

Верхние желудочки сердца не расширяются сами, а расширяются под действием извне, тогда как их сокращение происходит от них самих благодаря мышцам. Благодаря соединению мышц по различным наклонам, благодаря их сцеплению или сплетению, сердце не имеет какой-либо мясистости между ними. Эти мышцы не имеют никаких волокон (vili), что дает им возможность вытягиваться в длину, смотря по тому, как требует избыток крови, от времени до времени замыкаемый посредством наружной оболочки (pannicolo), которая облекает эти мышцы. Таким образом, сердце имеет кожу, мясо и способно значительно расширяться.

Доказательство, что верхние желудочки не составляют одного целого с нижними. В одном и том же предмете не могут существовать одновременно два противоположных движения, например раскаяния и желания. Следовательно, если верхний и нижний правые желудочки — одно целое, то необходимо, чтобы это целое одновременно производило одно и то же действие, а не два действия, проистекающие из прямо противоположных направленностей, как можно это видеть на примере верхнего и нижнего правых желудочков. Ведь когда нижний сокращается, верхний расширяется и вбирает кровь, вытолкнутую из нижнего. Точно то же делает верхний желудочек, когда отражает кровь обратно к тому, кто ее пригнал, и помогает естественному отливу посредством своего сокращения (почему движение крови, возвращающейся в тот желудочек сердца, откуда она первоначально была вытолкнута, и становится при отливе более быстрым).

При сокращении сердца кровь претерпевает отражение. Оно обусловлено импульсом движения, ударяющегося в дно нижнего желудочка. Таким образом, когда кровь отскакивает от дна и вместе

с тем сердце сокращается, то это последнее обстоятельство увеличивает движение крови для второго удара уже о верхнюю стенку верхнего желудочка. И если ты скажешь, что удар крови, спускающейся ко дну нижнего желудочка, больше, чем тот удар, который она производит о верхнюю стенку верхнего желудочка, на том основании, что одно движение — естественное [т. е. вниз], а другое — нет, здесь ответ гласит, что жидкость в жидкости не имеет тяжести, если не считать той тяжести, которая порождается в ней ударом.

Если ты скажешь, что эти четыре желудочка являются двумя потому, что одна пара переходит в другую, я скажу, что тогда и все вены пришлось бы признать одним целым, ибо одна вена переходит в другую, и точно так же внутренности, ибо они разъединены выходами так же, как и желудочки.

Если ты скажешь, что два верхних и нижних желудочка образуют одно целое, хотя они и разделены в своих стенках выходами, я скажу, что тогда комната и зала — одно целое, ибо и они разделены только одной дверцей.

Переверни лист (W. An. I, 3).

О правом желудочке. Так как нижний правый желудочек должен больше отдавать получаемую кровь, нежели удерживать ее, то его три клапана, закрывающиеся изнутри, устроены так, что они запираются наглухо лишь тогда, когда этот желудочек, сокращаясь, сохранит то количество крови, которое ему хотелось удержать. В этом случае, когда три клапана закрыты наглухо, стенки желудочка сжимаются вокруг оставшейся крови с такой силой, что она в значительной мере вынуждена бежать из него и проникать по скважинам средней стенки в левый желудочек. Истончаясь при движении по узким скважинам, эта кровь обращается в жизненных духов и оставляет все грубые части в правом желудочке, каковые грубые части ⟨...⟩.

О грубой клейкости крови, которая скапливается в правом желудочке. Кровь правого желудочка, которая остается после ухода тонкой части крови,

проникающей в левый желудочек, — клейкая, и некоторая часть ее образует тонкие нити, похожие на червя в среднем желудочке мозга[8]; эти нити скапливаются в виде толстой и короткой пакли и обволакивают с течением времени жилы клапанов (panniculi), закрывающих правый желудочек, отчего у животных к старости клапан уже не может хорошо закрываться и значительная часть крови, которая должна была бы проникать через узкие поры средней стенки в левый желудочек для порождения указанных «духов», утекает теперь через неплотно закрытые клапаны в верхний правый желудочек. Вот почему у стариков замечается недостаток в «духах» и часто они умирают в разговоре.

О функции нижнего и верхнего правого желудочка. Функция нижнего и верхнего правых желудочков: нижний передает на сохранение верхнему ту кровь, которая мешала его сокращению. И этот нижний никогда не мог бы затем вновь расшириться, если бы вновь не получил из верхнего желудочка кровь, первоначально наполнявшую его объем. Верхний желудочек способен сокращаться. Так как в него не может поступать воздух, то при его сокращении [окружающий] воздух устремляется к месту, которое этот желудочек занимал тогда, когда сохранял кровь сократившегося нижнего желудочка. Воздух этот стремится заполнить пространство, ранее занимавшееся верхним желудочком. Берется он из околосердечной сумки (cassula), которая, отдав свой воздух для заполнения места, оставшегося после сокращения верхнего желудочка, вновь восстанавливает его благодаря тому, что в большем количестве, чем обычно, он втягивается через трахею в легкое. Вот почему количество воздуха, увлекаемое в легкое, никогда не может быть одинаковым.

Почему воздух, увлекаемый в легкое, не может быть никогда одной и той же меры? (W. An. I, 3об.).

Увлекает ли нижний правый желудочек при своем размыкании всю кровь из верхнего правого желудочка или же нет? Вся кровь, которую нижний правый желудочек при своем сокращении отдал на хранение

верхнему правому, вся эта кровь возвращается ему из верхнего, когда нижний расширяется при помощи [сокращения] своих продольных мышц и когда поперечные и косые мышцы верхнего желудочка сокращают этот последний и выдавливают из него кровь. В это время полая вена не доставляет крови, ибо в таком случае образовалась бы пустота. Не доставляет ее и легкое, имеющее свою вену, — она в это время закрывает выходы снаружи внутрь, в направлении к основанию сердца. Не дает крови и печень, ибо в этом случае необходимо, чтобы она, наоборот, увлекала такую кровь к себе, и единственно дает кровь верхний желудочек, открытый прямо над устьем нижнего и нагнетающий ее туда при своем сокращении.

Но так как при полном закрытии выходов, когда сердце вытягивается и выдавливает оставшуюся кровь в левый желудочек по узким скважинам, правый желудочек перестает быть наполнен целиком, как раньше, до сжатия, а продольные мышцы продолжают выполнять ту же функцию, какую они обычно выполняют при размыкании этого нижнего желудочка, и так как в результате получалась бы пустота, каковая невозможна, то необходимость извлекает из печени такое количество крови, какое было вытеснено из правого желудочка в левый.

Правый нижний желудочек не всегда увлекает одно и то же количество крови из легкого [из печени?] Когда легкое и правый нижний желудочек расширяются одновременно, тогда оно растет в сторону диафрагмы, тесня и давя кровь полой вены, находящейся между этим легким и позвоночником. Некоторая часть этой крови поступает в правый нижний желудочек, и чем больше крови изливает эта вена в указанный желудочек, тем меньше ее извлекается из выпуклой части печени.

О том, что крови невозможно оставаться в правом верхнем желудочке, когда размыкается нижний. Невозможно, чтобы какая-нибудь часть крови осталась в правом верхнем желудочке, когда расширяется

нижний. Доказывается это так. Говорят, что природа всегда производит свои действия самым легким путем и в кратчайшее время, которое только возможно. Следовательно, если при расширении нижнего желудочка открываются выходы, служившие базой и опорой крови верхнего желудочка, то этому нижнему желудочку необходимо скорее наполниться тою кровью, которая находится по соседству с ним, нежели той, которая от него удалена и заключена в печени. Необходимо, чтобы этот желудочек скорее наполнялся той кровью, которую в него выдавливает и гонит верхний желудочек по широкому проходу, нежели другой, более отдаленной кровью, которая должна проникать и всасываться через капиллярные вены из выпуклой части печени.

И если ты скажешь, что такие верхние желудочки созданы единственно для удержания избытка крови, иногда образующегося в этой части, то я тебе отвечу, что это невозможно. Будь это так, сердце [всегда] наполняло бы свой правый желудочек той кровью, которая ему удобнее, а именно той, которая, как сказано, находится в его верхнем желудочке. А если этот нижний желудочек оказался бы наполненным кровью, поступившей и выдавленной сверху, то сердце больше не могло бы извлекать кровь из выпуклой части печени. И таким образом, при многократном и непрерывном повторении этого процесса, жизнь оказалась бы разрушенной. Кроме того, посредством немногих биений сердца вполне возможно было бы израсходовать кровь, остающуюся в верхнем желудочке, ибо правый нижний желудочек выгонял бы ее в левый нижний желудочек, а печень в это же самое время не давала бы крови сердцу.

Нагревается ли печень сама или чем-либо другим? Печень не может нагреваться сама, а нагревается другим, т. е. артерией, которая входит через дверцу этой печени и дает ей жизнь.

Горячее или холоднее легкое, чем сердце? Сердце горячее потому, что теплота его порождается быстрым и непрерывным движением, которое кровь производит путем собственного трения во время своих оборотов (revolutioni) и путем трения о

ячеистые стенки правого верхнего желудочка, куда она всегда проникает стремительно и откуда всегда стремительно выходит. И эти трения, обусловленные быстротой клейкой крови, разогревают и утончают ее, делая способной проникать через тонкие скважины и давать жизнь и пневму (spirito) всем членам, по которым она разливается. Этого не может случиться с печенью, которая не имеет движения и получает незначительное количество такой разогретой крови, посредством каковой она и нагревается сама. И печень не может удержать столько тепла, сколько удерживает сердце, ибо субстанция ее менее плотная, нежели субстанция сердца. Еще менее плотна субстанция селезенки и еще менее — легкого.

Не аббревиаторами, а облиаторами [предающими забвению] должны называться те, кто сокращает произведения, подобные этому! (W. An. I, 4).

О том, могла ли природа сделать правый желудочек бо́льшим и вовсе не создавать верхний желудочек, или же нет? Ничто не является излишним и ничто не является недостаточным у какого-либо вида животных или произведений природы, если только дефект не порождается тем самым средством, при помощи которого природа творит. Отсюда следует, что правый верхний желудочек необходим для прилива и отлива крови, который возникает благодаря его содействию, — для прилива и отлива крови и для стремительного ее движения из одного желудочка в другой: когда один из этих желудочков гонит кровь, другой ее принимает, и тот, кто ее принял, вновь толкает ее в тот желудочек, который раньше ее выгнал. И так, циркулируя последовательно вниз и вверх, кровь никогда не перестает бежать по пещеристым проходам (cavernose cellule), которые расположены между мышцами, сокращающими верхний желудочек. И оборот, который совершает кровь, круговращаясь в себе самой, и трение, производимое ею о стенку, и удары об эти проходы являются причиной ее разогревания и превращения ее из грубой и клейкой в тонкую и проницающую, способную просачиваться из правого в левый

желудочек через узкие поры той стенки, которая находится между правым и левым нижними желудочками.

Этого [т. е. разогревания крови и ее превращения в тонкую и проницающую] не могло бы случиться, если бы с правой стороны находился всего один единственный желудочек. Ведь при своем сокращении такой желудочек мог бы сократиться лишь на незначительный объем, равный количеству крови, переходящему из него в левый желудочек; и на столько же он опять расширялся бы, восстанавливая свой прежний объем посредством такого же количества крови, увлекаемого из печени.

Точно так же не могло бы происходить прилива и отлива крови по той причине, что правый желудочек отдавал бы левому столько крови, сколько он получает от печени. Такое движение крови было бы подобно озеру, через которое протекает река и которое получает с одной стороны столько же воды, сколько оно теряет с другой. Разница лишь та, что движение крови прерывисто, а движение реки, текущей через озеро, непрерывно. Вот почему, по причине отсутствия прилива и отлива, кровь не разогревалась бы; следовательно, не могли бы возникать жизненные ду́хи, а потому жизнь была бы разрушена.

Также следует, что при переходе крови из нижнего желудочка в верхний до того момента, когда его клапаны могут вполне замкнуться, проходит известный промежуток времени. Этот промежуток времени вместе со временем, потребным для перехода крови из правого желудочка в левый, и временем отлива, производимого верхним желудочком, растягивает срок настолько, что нижняя часть печени успевает возместить верхней части то количество крови, которое отнял у нее правый желудочек сердца.

И так доказана двойная выгода подобного верхнего желудочка, а именно: разогревание крови посредством прилива и отлива и выигрыш во времени, позволяющий печени и брыжжеечным венам (vene miseraice) создавать и передавать выпуклой части печени ту часть крови, которую берет у нее правый желудочек.

О том, что верхний желудочек не был добавлен к правому желудочку для того, чтобы

принимать избыток крови. В правом желудочке не может оказаться избытка крови, ибо этот желудочек увлекает кровь и увлекает только то ее количество, которое он способен вместить. И поступает в него такое количество, которое равно объему пространства, порожденного им при его расширении. В этот момент верхний желудочек лишен крови; ведь имей он кровь, нижнему желудочку было бы легче сначала увлечь ее из этого верхнего желудочка, нежели увлекать ее из выпуклой части печени через узкие ветвления капиллярных вен. Нижний желудочек по необходимости раньше увлекал бы кровь из верхнего, нежели из печени также и потому, что эта верхняя кровь на значительном протяжении представляет единое и непрерывное целое с кровью нижней. И объем верхнего желудочка становится меньше на величину объема той крови, которая из него уходит, спускаясь в нижний, ибо этот верхний желудочек закрывает обратный ход для крови, выдавливаемой им посредством своих мышц (W. An. I, 4об.).

О сердце. О том, что вены легкого не посылают крови к сердцу, когда оно сокращается, выгоняя из себя воздух (W. An. I, 5).

Для чего сделаны «ушки» у желудочков сердца? «Ушки» были сделаны у сердца в виде способной расширяться мошны только для того, чтобы принимать удар движения, который производится кровью, с яростью гонимой из желудочков, как правого, так и левого, при их сокращении. И если бы такой удар не находил способного расширяться места, где он мог бы в значительной мере истощить свой импульс, то по прошествии короткого времени произошел бы разрыв в месте, испытывающем удар. Этому нас учат тюки шерсти и хлопка, которые ставят на бортах кораблей для того, чтобы принимать залпы бомбард, направляемые сюда врагами. Но хотя такой удар и ослабляется значительно, это не мешает тому, что звук его распространяется по каждой артерии и ухо часто слышит его в биении висков.

Такой удар посредством волны своего отраженного движения помогает и благоприятствует обратному проникновению крови во вновь

раскрывшийся нижний желудочек. Если бы такого отраженного удара не было, то «ушко», которое гонит кровь от себя, не сокращалось бы при уходе крови с такой легкостью и тогда при таком отливе крови оказывалась бы в этом «ушке» пустота. А кроме того, расширение сердца в лежачем и перевернутом положении с трудом увлекало бы тяжесть той крови, которая должна заполнять пустоту расширившегося сердца (W. An. II, 3).

Изобрази сердце с четырех точек зрения...

В какой мере сердце при своем сокращении отдает свою кровь в распоряжение «ушкам», которые ее ему возвращают? Оно отдает ее тем в меньшем количестве по сравнению с полученным, чем больше взяли верхние сосуды. И поскольку сердце должно получить то полное количество крови, которое обычно заполняет его пустоту, постольку необходимо, чтобы левый желудочек заимствовал кровь у правого, а правый желудочек за то, что у него было взято артериальной веной и левым желудочком, получил возмещение от печени. Следовательно, правый желудочек теряет вдвое больше, чем левый.

Если сердце уменьшает свою емкость при сокращении и отдает гонимую из него кровь в распоряжение желудочков, эти желудочки возвращают ее в тем меньшем количестве, чем большее количество присваивает себе необходимость питания жизни, передающая эту кровь печени, хранительнице казны.

Я утверждаю, что максимальный объем [нижних] желудочков способен вместить такое количество крови, которое выходит из них при их сокращении и передается в распоряжение верхних желудочков, называемых «ушками сердца». В них кровь находится до тех пор, пока не вернется назад при последующем расширении сердца. Но в количестве меньшем настолько, сколько присвоили себе питатели жизни,— недостаток этот возмещается печенью, порождающею кровь.

Сердце гонит наружу кровь при своем сокращении, и чем больше оно сокращается, тем совершеннее закрываются клапаны, закрываю-

щиеся изнутри кнаружи. Следовательно, кровь уходит не вся, и та, которая остается, выдавливается из правого желудочка в левый, поскольку она не может проникнуть через выходы. Вот почему необходимо, чтобы в это время мышцы клапанов удлинялись.

Почему главные выходы правого желудочка состоят из такого малого количества перепонки (panniculo) и из стольких переплетенных сухожилий? Природа установила это для того, чтобы при сокращении правого желудочка выход для крови из его большого объема закрывался не сразу, ибо часть крови должна поступать к легкому, а этого не могло бы произойти, если бы выход был прегражден. Но когда легкое уже получило нужное количество крови, этот правый желудочек закрывается и тогда он может выдавить кровь через скважины средней стенки в левый желудочек. Правое ушко становится тогда хранителем избытка крови, не переданной легкому, и при размыкании правого желудочка сразу отдает эту кровь, а убыль желудочек восстанавливает посредством той крови, которую дает ему печень.

Сколько крови может отдать печень при размыкании сердца? Она отдает столько, сколько сердце поглощает, т. е. минимальную часть, ибо за час происходит около двух тысяч размыканий сердца. Это большой вес (W. An. II, 17об.).

О смыкании больших клапанов сердца. Створки больших клапанов сердца смыкаются от удара крови, устремляющейся из нижних желудочков сердца к верхним, кнаружи от сердца. И они открываются вновь отливом крови, гонимой из верхних желудочков в нижние. И пустота, которая получилась бы в нижних желудочках, когда они вновь размыкаются, является причиной, увлекающей кровь из верхних желудочков, когда они опорожняются. Такое опорожнение не могло бы иметь места, если бы верхний желудочек не был гибким и не имел бы продольных косых и поперечных мускулов, которые его сокращают, и т. д. (W. An. II, 11).

Когда сердце смыкается, оно сокращается и мышцы, держащие сухожилия клапанов, оттягиваются и ослабляют эти сухожилия, а соединенные с этими последними клапаны также ослабляются. Кровь, ударяя изнутри, толкает их от себя и запирает выходы совершенным запором. И чем больше сокращается сердце, тем крепче становится этот запор (W. An. II, 17).

О том, что та кровь, которая возвращается назад, когда сердце размыкается вновь, не та же самая, которая закрыла клапаны сердца. Это было бы невозможно; ведь если бы кровь ударяла в клапаны (uscioli) сердца, которые имеют складки, морщины и лишены [крови], то давящая на них сверху кровь становилась бы тяжелее и давила бы книзу на начало такого клапана (pannicolo), над местом его возникновения... При давлении тяжести сверху складки его тесно сомкнулись бы. А между тем, природа имеет в виду, наоборот, растянуть его в вышину, в ширину и длину (W. An. II, 12).

Биение сердца происходит толчками, как нам показывает пульс. Мы показали, что биение сердца происходит толчками. Если бы это не было так, то левый выход [в легочную вену] не мог бы сжиматься и кровь, находившаяся первоначально над этим выходом, сразу спускалась бы вниз. Однако этот выход, открываясь под натиском и ударом крови, гонимой вон левым желудочком, остается открытым, пока небольшое количество крови, уходящей из сердца, заполняет его; в это время верхняя кровь спуститься к нему не может, ибо движется в противоположном направлении по всем артериям. Но в то же время остаток кровяного импульса, открывшего клапаны, посредством своего отраженного движения опять закрывает их, и тогда сердце вновь расширяется (W. An. II, 13об.).

Сердце, в результате своего пылкого движения, оказывается очень горячим, от середины книзу. Движение это происходит дважды при каждом его биении, о чем свидетельствует пульс. Первое происходит при сокращении, второе при расширении сердца; оба осуществляются

при помощи двух видов мускулов — поперечных и продольных. Поперечные сокращают сердце в толщину, а продольные увеличивают его длину. И это сердце производит свой удар, расширяясь, ибо тогда оно укорачивается в стремительном движении, гоня кровь в предназначенные для этого проходы вен.

Промежуток времени между двумя ударами пульса равен половине музыкальной стопы (tempo). За время от одного удара пульса до другого сердца сжимается дважды и размыкается один раз, а за время от одной диастолы (apritura) до другой сердце размыкается дважды и сжимается один раз. Следовательно, сердце либо начало свое первое движение при размыкании, а последнее при сжатии, либо начало первое движение при сжатии и последнее при размыкании (W. An. II, 11).

Следовательно, на протяжении одного гармонического или музыкального деления времени сердце совершает три движения, как указано ниже [т. е. выше]. Таковых делений в часе содержится 1080. Следовательно, за час сердце совершает 3240[9] движений, открываясь и закрываясь. И такая частота движения разогревает плотные сердечные мышцы, а сердце нагревает кровь, которая непрерывно бьется внутри его. И она более разогревается в левом желудочке, где стенки более толстые,— толще, чем в правом желудочке с тонкой стенкой. Это тепло утончает кровь, обращает ее в пар и воздух и обратило бы ее в стихийный огонь, если бы легкое свежестью своего дуновения не предотвращало бы такого перегревания (W. An. II, 11).

Короткое и частое дыхание удушает того, кто дышит, ибо при каждом вздохе не заменяется весь тот воздух, который нагревается в легком. Напротив, там остается часть его настолько горячая, что она неизбежно причинила бы вред животному, если бы не выталкивалась вон из этого легкого посредством большого и долгого выдоха (B. M., 24).

Прежде чем ты вскроешь сердце, надуй его «ушки», начав с аорты; затем завяжи их и посмотри на их величину. Потом сделай то же с

правым [верхним] желудочком или правым «ушком»,— тогда ты увидишь его форму и его назначение: он был создан для расширения и сокращения и для обращения крови по его камерам (celle), полным извилистых проходов, разделенных круглыми стенками, без каких-либо углов, дабы движение крови, не встречая помех от углов, легче протекало в своем стремительном круговороте. Таким образом, кровь тем более разогревается, чем чаще биение сердца; а иногда случается, что она становится настолько горячей, что сердце задыхается. Я видел однажды человека, который умер от разрыва сердца при бегстве от врагов,—он обливался пóтом, смешанным с кровью и выходившим через все поры кожи. И это тепло образует «жизненные дýхи».

И таким образом тепло дает жизнь всякой вещи, как показывает тепло курицы или индюшки, которое дает жизнь и начало цыплятам, а солнце, когда возвращается, производит цветение и животворит все плоды (W. An. IV, 13).

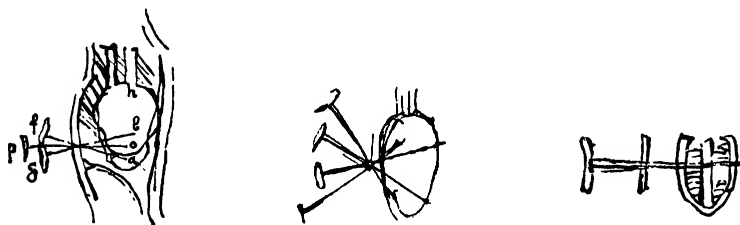
Теплота рождается из движения сердца, и это подтверждается тем, что чем скорее движется сердце, тем бóлее распространяется теплота, как нас учит о том пульс лихорадящих, приводимый в движение биением сердца (W. An. B., 12).

Если ты надуешь «ушки сердца», ты увидишь форму их камер. Выясни, разогревается ли молоко, когда сбивают масло. И таким путем ты сможешь проверить роль «ушков» сердца, принимающих и выталкивающих кровь из своих полостей и других скважин,— что они созданы единственно для того, чтобы разогревать и утончать кровь, делая ее более способной проникать через стенку, сквозь которую она проходит из правого желудочка в левый, где, благодаря толщине стенки левого желудочка, сохраняется тепло, приносимое кровью (W. An. IV, 13об.).

О том, что сердце при смерти человека только расширяется, не меняя своего положения (в своем основании). При смерти человека сердце

расширяется и укорачивается, потому что его поперечные мышцы растягиваются, а продольные сокращаются; вот почему только нижняя часть его поднимается, а не верхняя (W. An. I, 4об.).

Анатомия. Меняет ли сердце свое положение при смерти или нет? Изменение сердца при смерти равносильно тому изменению, которое оно претерпевает, выталкивая свою кровь,— и даже несколько меньше его. Это становится явным



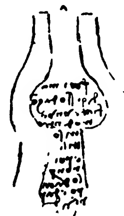
при наблюдении свиней в Тоскане. Здесь через их сердце пропускают инструмент, называемый spillo, при помощи которого достают также вино из бочек. Итак, поворачивают свинью, хорошенько укрепляют ее и пропускают через ее правый бок и сердце подобный инструмент, направляя его внутрь по прямой линии. И когда он проходит через сердце в его вытянутом положении, тогда сердце, выпуская кровь, укорачивается и тянет рану вверх вместе с концом бурава; и насколько оно поднимает конец бурава внутри, настолько опускается рукоятка бурава снаружи. А затем, когда сердце расширяется и опускает книзу рану, тогда наружная часть этого бурава совершает движение,обратное тому, которое совершает часть, находящаяся внутри и движущаяся вместе с движением сердца. И это происходит много раз, так что к концу жизни бурав остается посредине между крайними положениями обоих противоположных движений сердца при его жизни. И когда сердце окончательно остынет, оно уменьшится на весьма незначительную часть, сократившись на величину объема, раньше занятого теплом, ибо тепло увеличивает и уменьшает тело, в которое оно входит или из которого выходит. Это я видел много раз

и наблюдал эти величины, оставляя такой инструмент в сердце до полного издыхания животного. Пусть расширившееся сердце животного — *ha*, сократившееся — *ho*. Когда сердце расширено, то бурав протыкает его, как показано, в направлении *fa*. Когда оно сокращается, острие бурава перемещается из *a* в *b*, тогда как наружная часть его движется книзу из *f* в *g*. Когда сердце мертво, бурав занимает среднее положение, или близкое к нему, в месте последнего движения, *op*. И между наибо́льшим и наименьшим движением сердца этого животного разница примерно в дюйм, а в конце сердце оказывается своей вершиной вне своего обычного положения примерно на полдюйма. Будь внимателен и не ошибись при подобном измерении, ибо иногда рукоятка такого бурава не изменит положения при переходе сердца от жизни к смерти. И это произойдет в том случае, если сердце получит удар в момент, когда оно находится на середине пути своего сокращения,—на этой же середине оно останавливается и тогда, когда умирает. А иногда эта рукоятка претерпевает бо́льшую перемену положения,— это случается, если сердце получает удар в то время, когда оно имеет наибо́льшую или наименьшую длину. Таким образом, рукоятка будет занимать столь же различные положения, сколь различной бывает длина сердца при проколе.

Рукоятка претерпевает бо́льшие или меньшие изменения также в зависимости от того, больше или меньше конец бурава проник в сердце; ведь если конец железа прошел через все сердце, то он совершает меньшее движение, считая от центра его движения, т. е. от неподвижной точки, чем если бы этот конец поранил сердце только в передней части его первой стенки. Об этом больше я распространяться не буду, ибо о подобных движениях составлен общий трактат в 20-й книге «О силах рычагов». И если бы ты решил, что, пройдя через все сердце, длина бурава не могла бы сохранять указанное движение, коль скоро ему мешает наружная стенка сердца, ты должен понять, что при своем распространении и расширении сердце вместе со своим движением тянет или толкает конец железа; и железо, находящееся в первой стенке, расширяет вверх и вниз его рану, или, лучше сказать, движет ее. Ведь поскольку округлая толща железа не режет,

постольку она и не расширяет, а только перемещает вместе с собой первую рану сердца и то в верхней, то в нижней части раны уплотняет ту часть сердца, с которой соприкасается. Такое разрежение и уплотнение сердце осуществляет легко, пока оно горячо, ибо тогда оно менее плотно (W. An. I, 6).

Гипсовая форма, в которую нужно вдуть тонкое стекло, а затем разбить ее сверху до низу, до *an*. Но сначала впусти воск в клапан бычачьего сердца, чтобы увидеть истинную форму этого клапана[10] (W. An. II, 12).



Форма стекла, позволяющего наблюдать сквозь стекло, чтó делает кровь в сердце, когда сжимает выходы (uscioli) сердца[11] (W. An. II, 6об.).

Проделай это испытание со стеклом и вдвинь внутрь ⟨...⟩ перепонку (W. An. IV, 11об.).

Один старик, за несколько часов до своей смерти, говорил мне, что ему больше ста лет и что он не чувствует в себе никакого изъяна, разве только недостаток сил, и так, сидя на постели в госпитале Санта Мариа Нова во Флоренции, без какого-либо движения и иного какого знака недомогания отошел он из этой жизни.

И сделал я его анатомию, дабы увидать причину столь тихой смерти, и увидал, что произошла она от слабости, вызванной недостатком крови в венах и артериях, питавшей сердце и другие подчиненные органы, которые нашел я чахлыми, изможденными и иссохшими (W. An. B, 10об.).

Старые люди, живущие во здравии, умирают от недостаточного питания, вызываемого тем, что доступ ему в жилы (vene) брыжжейки все стесняется от постоянного утолщения стенок жил, вплоть до волосных сосудов, которые первые закупориваются совершенно; и от этого происходит, что старые больше боятся холода, чем молодые, и у тех, кто очень стар, кожа имеет цвет дерева или сухих каштанов, так как кожа такая почти совсем лишена питания.

И эта оболочка жил производит у человека то же, что у померанцев, у которых кожура делается тем более толстой, а мясо тем более

скудным, чем они старше становятся. И если бы ты сказал, что загустевшая кровь не бежит больше по жилам, то это неверно, потому что кровь в жилах совсем не густеет, непрестанно умирая и обновляясь (B. An. B, 10об.).

Проследи реверсивные [блуждающие] нервы вплоть до сердца и посмотри, сообщают ли эти нервы движение сердцу или же сердце движется само собою. И если движение происходит от реверсивных нервов, которые имеют свое начало в мозгу, тогда тебе будет ясно, что душа имеет свое местопребывание в желудочках мозга, а жизненные ду́хи имеют начало в левом желудочке сердца. А если движение сердца проистекает из него самого, тогда ты скажешь, что местопребывание души — в сердце, так же как и жизненных ду́хов. Вот почему внимательно исследуй эти реверсивные нервы, а также другие нервы, которые своими разветвлениями проникают в мышцы (W. An. IV, 7).

О дыхании и о голосе

Если легкое выгнало ветер и сократилось в объеме настолько, сколько было его у вышедшего из него ветра, надобно исследовать, отчего пространство камеры сократившегося легкого втягивает воздух, заполняющий ее прирост, раз пустоты в природе нет.

И спрашивается, кроме того, чем воздух при расширении легкого выгоняется из своего вместилища, каким путем выходит и что его принимает, когда он вышел?

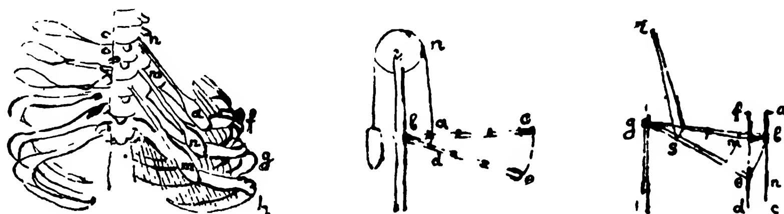
Легкое всегда бывает все наполнено известным количеством воздуха, даже когда оно вытолкнуло тот воздух, который потребен для его выдыха; и когда оно освежается новым воздухом, то прикасается к ребрам груди, и последняя расширяет его немного и выпячивается, как видно и заметно это, если положить руку на грудь при вдыхании — что грудь вздымается и опускается, в особенности при вздохе.

И природа устроила так, что подобная сила порождается ребрами, а не тканью, окружающей вещество легкого, дабы от особенно большого скопления воздуха, при каком-либо усиленном вздохе,

такая ткань в итоге не разорвалась и не лопнула... Кроме того, этот воздух, теснимый легким и диафрагмой, примыкает к камере, окружающей сердце, и там небольшое количество жидкости, которое находится на дне этой камеры, поднимается и омывает все сердце, и таким образом постоянно, путем этого омовения орошает она разженное сердце и делает так, что оно не совсем иссыхает от столь большого количества движения (W. An. B, 17).

О мышцах, которые служат для зевания, глубокого вздоха и расширения легкого во всю полноту его.

Чрезвычайное расширение легкого при зевании и глубоком вздохе не обусловлено диафрагмой, ибо ее силы недостаточно для того,



чтобы поднять и расширить ребра, соединенные с грудной костью. В этом случае действуют мышцы, прикрепленные к верхним позвонкам спинного хребта посредством очень крепких сухожилий, соединяющихся между этими мышцами и позвонками этого хребта. Таких мышц шесть, их очертания — среднее между очертанием рыбы и овалом, и они укреплены прочно на шести последних верхних ребрах. Названные шесть мышц распределены по три с той и с другой стороны, т. е. три находятся справа и три слева. Когда они укорачиваются, они тянут в сторону верхнего прикрепления своих сухожилий, перемещают вверх соединенные с ними ребра и тянут за собой грудную кость, перемещая ее гораздо быстрее, чем движутся они сами, ибо мышцы эти ближе от точки прикрепления ребер к позвонкам, нежели грудная кость. Согласно 2-му [положению] о рычагах, помещенному здесь на полях, во сколько раз плечо *bc* больше сухожилия *an*,

которое его движет и которое ближе к *b*, чем к *c*, во столько раз бо́льшим движением будет обладать *c* по сравнению с *a*. Следовательно, так как расстояние от *a* до *b* составляет $^1/_4$ расстояния от *c* до *b*, то *c* будет двигаться в 4 раза больше, чем *a*. И такое расширение легкого приобретает высоту при поднимании покрышки (coperchio), образуемой верхними частями этих ребер. Кроме того, [первоначально] диафрагма поднята вверх своей передней стороной и отделена от желудка и других внутренностей, а поэтому в своей средней части может опуститься ниже и увеличить расстояние до последних [верхних] ребер.

О мышцах, которые опускают ребра вниз и возвращают их к прежнему положению. Нервы этих мышц являются ветвями реверсивных [блуждающих] нервов. Три жилы (nervi) ощущают лишь вес грудной кости вместе с ребрами, ибо вес плеч и предплечья держится на жилах шеи сзади, у позвоночника.

Сухожилие при таком движении поднимается и расширяется. И это доказывается так. Пусть жила *rs* приводит в движение ребро *ge*, доводя его до высоты *gb*. Оно, благодаря *b*, поднялось на всю высоту *nb* и отдалилось от линии *fd* к линии *ac*; следовательно, *bn* — та высота, которую оно приобрело, а *mb* — расширение, посредством которого оно распространилось [см. правый рис. на стр. 843].

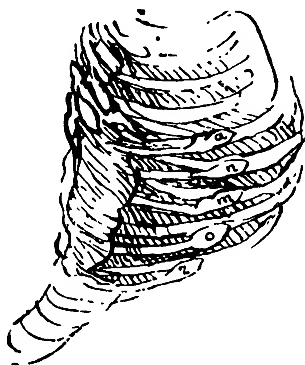
Движение этих трех жил может быть равномерным, а может быть и неровным. Равномерным оно будет тогда, когда одна из мышц тянет с такой же силой, как и другая; неровным — когда одна из мышц тянет меньше, чем другая. И если движение равномерно, то промежутки между ребрами остаются одинаковыми при их подъеме, а если сила тяги неодинаковая, то и промежутки между этими ребрами станут неодинаковыми и т. д. (W. An. I, 2об.).

Об изогнутости диафрагмы — естественна она или нет? Если бы диафрагма не была изогнута так, чтобы в своей вогнутой части иметь возможность вмещать желудок и другие внутренности, она не могла бы выпячиваться и становиться

плоской и с силой давить на внутренности, выгоняя пищу из желудка в эти внутренности. И она не могла бы помочь мышцам тела сжимать внутренности и давить на них, выгоняя заключенные в них излишки. Не становясь более плоской, она не могла бы увеличивать пространство, в котором находится легкое, понуждая его расширяться,— расширение это происходит для того, чтобы легкое могло увлекать в себя воздух, освежающий те вены, которые посылает к нему сердце.

Напиши рассуждение о тех упреках, в которых нуждаются школяры — вредители анатомии и сократители ее (W. An. I, 4об.).

Что удерживает диафрагму от расширения, когда внутренности выталкивают из себя вон свои излишки? Диафрагма получала бы значительное расширение, когда внутренности испытывают сжатие и давление со стороны поперечных мускулов и гонят вон излишки, не будь мускулов *a*, *n*, *m*, *o* и *r*, которые с большой силой стягивают ребра, противясь расширению этих ребер, а следовательно, и расширению этой диафрагмы. По этой причине диафрагма сжимается насколько может и оттесняет возросший объем внутренностей, который направляется книзу, испытывая давление от поперечных мускулов. По этой-то причине излишки и устремляются книзу (W. An. I, 5).



Когда мышцы, прикрепленные под сосками к ребрам, стягивают эти ребра, тогда диафрагма сильно выгибается и сжимается в тех местах, которые граничат с хрящами или с концами ребер и т. д.

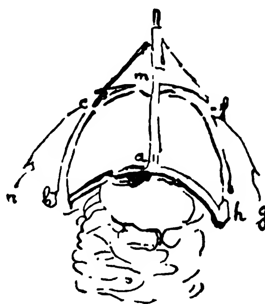
Диафрагма имеет очертания, подобные сильно вогнутой ложке.

Я нашел, каким образом необходимость делает более сильными хрящи в местах, где с ними соединяются наружные края диафрагмы. Когда эта диафрагма становится более плоской и гонит книзу

выпуклую часть внутренностей, чтобы увеличить пространство полости легкого, дабы легкое это могло удерживать в ней втянутый им воздух, она не могла бы этого сделать, если бы внутренние мышцы груди не отступали вместе с мышцами шеи спереди и сзади для расширения и поддержки этого хряща, как это видно на примере передних мышц[12] *nm* и *op* и *fg* и *mr*. В самом деле, если бы мышца, называемая диафрагмой, захотела бы оттянуться от середины к своим краям, она не смогла бы этого сделать, если бы края эти не были хорошо укреплены; ибо там, где такой прочности не будет, там края диафрагмы передвинутся к ее середине,— следовательно, потянут за собой хрящ, а соответственно и концы ребер и грудную кость, с ними соединенную. Вот почему, вместо необходимого расширения, грудь сократилась бы. Потому-то природа и позаботилась, устроив четыре вышеуказанных расположения тонких мышц (lacerti) и мускулов. Благодаря им грудь не сокращается и не оттягивается назад при сокращении диафрагмы, а остается открытой и расширенной, значительно раздвигаясь посредством указанных мышц и сухожилий.



На основании 5-го [положения] о силах доказывается изложенное выше. А именно: если сила перепонки диафрагмы, когда последняя становится плоской, не может гнать книзу внутренности, то эта диафрагма должна тянуть к себе те боковые части, с которыми она соединена своими краями. Пусть диафрагма — *hab*. Она соединена своими краями с концами ребер *mcb* и *mfh*. Я утверждаю, что если эта диафрагма будет стягиваться действием своих сил, спрямляя свою кривизну *hab*, то ей помешает выпуклая часть внутренностей, там, где она к ним прилегает и где она давит. Такая диафрагма, продолжая выпрямляться с силой, которая у нее остается, потянет тогда к себе концы *h* и *b* ребер *mfh* и *mcb* и потянет их по линиям *ab*



и *ah* и таким образом сократит пространство *hb*. Природа, однако, предотвратила сказанное посредством мышц *rf* и *rc*, которые забирают эти ребра и поднимают их из *mcb* в *mcn* и из *mfh* в *mfg*. Таким образом грудная клетка расширяется и становится емкой вместе с легким, растущим одновременно с ней, ибо пустоты не существует и сюда при расширении поступает воздух, заполняя пустоту (W. An. I, 5).

О мышце, называемой диафрагмой, и ее пользе. Функций диафрагмы четыре. Первая — она есть начало расширения легкого, которое втягивает воздух. Вторая — она давит на прикрываемый ею желудок и гонит из него переваренную пищу во внутренности. Третья — она сжимает и помогает вместе с брюшной стенкой (mirac) давить на внутренности, выгоняя вон излишки. Четвертая — она отделяет члены духовные от натуральных[13]. Четыре указанные функции, выполняемые диафрагмой, совершаются ею посредством одной и той причины, заключающейся единственно в ее выпячивании и сокращении. Посредством выпячивания изгоняется наружу воздух из легкого, и это выпячивание производится не диафрагмой, но разрежением воздуха, который уплотнился во внутренностях раньше, когда диафрагма была втянута и увеличивала емкость легкого, увлекая за собой воздух. И когда эта диафрагма сдает, она не способна затем сама собою искривляться и образовать значительную выпуклость, если бы сдавливаемые внутренности не расширялись и не возрастали под этой диафрагмой. В это время внутренности давят на желудок снизу вверх, навстречу диафрагме, и заставляют его выделять часть млечного сока, который в нем образуется.

Затем, когда диафрагма отступает назад, она давит на желудок сверху вниз и в свою очередь заставляет его выделять известную часть этого млечного сока.

И если ты скажешь, что воздуху невозможно уплотняться во внутренностях, испытывающих давление этой диафрагмы по той причине, что когда кишка испытывает давление сверху, она расширяется

в поперечном направлении, а потому воздух в ней не уплотняется, на это я отвечаю: расширению препятствуют кишечные стенки, которые хотя и расширяются, но давят внутрь на кишки при втягивании брюшной стенки, ибо внутренности распирают ее, и таким образом воздух в них уплотнен.

Давление на желудок снизу вверх, к диафрагме, его прикрывающей, не имеет той силы, какую имеет давление сверху вниз. Ведь при давлении снизу вверх диафрагма подается и при возрастании воздуха в кишках уступает ему, не встречая препятствия сверху, ибо легкое само по себе состоит из легчайшей субстанции и проходы для воздуха непрерывно открыты, почему он без труда и ускользает из легкого (W. An. I, 5об.).

Посмотри мертвую собаку, ее поясничные мышцы (lonbi), диафрагму и движение ее ребер (W. An. II, 7об.).

О функции, которую выполняют реберные мышцы. Реберные мышцы служат для расширения и поднятия этих ребер. Для расширения предназначены шесть нижних мышц,— они тянут и движут гибкие хрящи, находящиеся на концах ребер. А для поднятия имеются три верхние мышцы,— эти мышцы тянут и поднимают три ребра, с которыми они соединены, причем вместе с указанными ребрами они тянут и другие, расположенные ниже, после того как те разошлись, расширились и увеличили свою емкость. Отсюда явствует, что для открывания легкого недостаточно одного расширения нижних ребер, без поднятия этих ребер к его (т. е. легкого) выпуклой части; такое поднятие осуществляется посредством верхних мышц. Наоборот, верхним мышцам недостаточно одного лишь поднятия всех ребер, без расширения и распространения этих ребер, осуществляемого при помощи мышц нижних. И так мы нашли, что́ именно раздвигает и поднимает ребра при дыхании, побеждая силу притяжения и сжатия, производимую мышцами по краям диафрагмы, когда та делает более плоской свою выпуклость и увеличивает книзу то пространство, куда растет легкое, наполняющееся воздухом, и когда она теснит и проливает глотками пищу, заклю-

ченную в желудке, заставляя ее опускаться в нижние кишки, книзу, постепенно и последовательно и т. д. (W. An. I, 8).

Те мышцы, которые сжимают ребра, сделаны ради того, чтобы при образовании силы для поднятия тяжестей прочно и крепко держался в легком воздух, который утолщает мышцы при их сокращении и который берет начало в легком, гонящем жизненные ду́хи, повелителей нервов. Легкому необходимо опираться на нечто устойчивое, а воздуху, в нем заключенному, испытывать давление, сжатие и уплотнение. Не имея мышц, легкое не может сделать это само; вот почему и необходимо это сделать другим. Потому-то продольные и поперечные мышцы тела сжимают внутренности, воздух, стесняемый в этих внутренностях, уплотняется, толкает диафрагму к легкому, а реберные мышцы спереди и сзади сближают ребра, на которые легкое опирается, и тем самым предотвращается возможность, что это легкое лопнет под действием столь большой силы уплотнившегося в нем воздуха (W. An. I, 13об.).

Мне кажется невозможным, чтобы какой-либо воздух мог проникнуть по трахее в сердце, потому что тот, кто в нее подует, не вытеснит никакого воздуха ни из какой ее части; и происходит это благодаря плотной оболочке (panniculo), которой покрыты все ветвления трахеи, ветвления, которые идут, делясь на мельчайшие веточки, вместе с мельчайшими веточками вен, сопровождающими их в непрерывном контакте до самых наружных частей. И заключенный воздух не выходит здесь через тонкие веточки трахеи и через кончики мельчайших ветвлений этих вен. Впрочем, в этом пункте я не настаиваю на сказанном, пока не посмотрю «Анатомию», которая находится в моих руках (W. An. II, 1).

Легкое не может послать воздух в сердце, да это и не нужно, поскольку, как сказано, воздух образуется в самом сердце и, будучи смешан с теплом и плотной влагой, испаряется через концы капиллярных вен на поверхность кожи в виде пота. Кроме того, воздух, вдыхаемый легким, непрерывно проникает сухой и свежий, а

выходит влажный и теплый. Дело в том, что артерии, которые в непрерывном контакте соединяются с ветвлениями трахеи по легкому, принимают свежесть того воздуха, который проникает в легкое (W. An. II, 11).

Проникновение нижних концов ребер, превращающихся в хрящи, одного ниже другого, наподобие конца каната, происходит единственно для того, чтобы сделать плотным, стойким и скользящим (или скользким) трение кожи об изогнутые их концы при подымании и опускании ребер под кожей.

Нижние ребра больше движутся вверх, нежели верхние, ибо когда действует любое количество мышц, находящихся между ребрами, выполняя свою функцию расширения и сокращения, нижнее ребро приводится в большее движение этими мышцами, нежели верхнее. И причина та, что когда при сокращении мышц на один градус первое ребро продвигается на один градус ко второму, второе продвигается на два, а третье — на три и т. д., вплоть до нижнего ребра, где мы имеем столько градусов, сколько имеется мышечных прослоек между нижним и верхним ребрами (при указанном движении предполагается, что самое верхнее ребро неподвижно).

Четыре обстоятельства следует принять во внимание при движении ребер. Во-первых, поднятие ребер по кривой *abc* (не забудь определить этот кривой наклон). Во-вторых, расширение ребер, удаляющихся от грудной кости посредством изгибания хряща, который в виде реберного придатка находится между ребром и этой грудной костью. В-третьих, нужно произвести опыт с пузырем, который наполнен воздухом, обычно поступающим в легкое. В-четвертых, выяснить, какие ребра обладают бо́льшим движением, верхние или нижние?

Грудь обладает очень значительной силой расширения и сокращения при втягивании воздуха. И сила эта такова, что когда грудь лежит на полу, а на спине стоит другой человек, то при втягивании воздуха в грудь стоящий человек поднимается вверх силою этого вдыхания.

И если расширение груди остановить с какой-нибудь стороны посредством нерастяжимой повязки, то будет видно, станет ли двигаться вверх и вниз диафрагма и явится ли она причиной дыхания или нет? (W. An. II, 6об.).

О беспорядочном дыхании. Когда легкое сокращается больше обычного, то такое сокращение обусловливается не им, а брюшной стенкой (mirac), которая своими поперечными мыш

цами сжимает и поднимает внутренности под диафрагму, а диафрагма давит на легкое в сторону грудной полости и, давя, выгоняет из него много воздуха, уменьшая его в объеме на величину объема того воздуха, который из этого легкого выходит.

О максимальном расширении легкого. Максимальное расширение легкого обусловливается максимальным укорачиванием диафрагмы и максимальным растяжением поперечных мышц брюшной стенки. В то же самое время расширяются мышцы, находящиеся между грудными ребрами, а мышцы, которые их облекают, начинаясь под сосками и направляясь в сторону боков, сокращаются и оттягивают эти ребра так, что они расширяются. Впрочем, я со своей стороны считаю, что максимальное расширение ребер производится максимальным сокращением поперечных мышц брюшной стенки. Ведь если ты задержишь дыхание и пожелаешь увеличить и расширить грудь, тебе невозможно будет это сделать; а если тебе и кажется, что она расширяется, то происходит это оттого, что ты отодвигаешь плечи назад и увеличиваешь пространство груди между ребрами, а также сгибаешь и искривляешь линию позвоночника. А если тебе кажется, что грудь увеличивается благодаря своим мышцам, попробуй увеличивать ее толчками (impeti) и держи большие пальцы рук на границе боков и поперечных мышц, тогда ты ощутишь, что подобные толчки при увеличении груди порождаются толчками поперечных мышц, а не мышц груди, которые созданы единственно для того, чтобы ребра не расходились больше, чем нужно, при поперечных движениях справа налево, когда ребра, сжимаясь на одной стороне, сильно расходятся на другой, и не будь мышц, они открыли бы грудную клетку.

Межреберные мышцы созданы на случай поперечных движений, т. е. когда прыгают вверх и вертятся в одну сторону посредством движения рук, импульс каковых увлекает за собой тело и приводит его во вращательное движение (W. An. II, 16об.).

Противоречие в указанной функции диафрагмы. Без сомнения, диафрагма приводится в движение своими

мышцами, посредством каковых она растягивает свою кривизну; и после того, как такая кривизна оказывается растянутой, диафрагма становится более напряженной и более сильной, нежели тогда, когда она была искривленной и вялой. Если это так, необходимо, чтобы мышцы, растягивающие диафрагму, направлялись к ее середине и не были удалены от нее. Но если опыт явно показывает, что эти мышцы удалены от ее середины, то по необходимости они должны приводиться в движение другими мышцами, еще более удаленными от середины. Вот почему мы скажем, что таковы мышцы, которые прикреплены к позвоночнику с наружной стороны и которые расширяют ребра. Ведь когда кто-нибудь втягивает внутрь себя воздух, мы видим, что все ребра расширяются и растут кнаружи. Это не могло бы произойти и происходило бы наоборот, если бы мышцам диафрагмы не помогали мышцы наружные, явно служащие для расширения ребер (W. An. IV, 1).

Почему все мышцы обладают расширяющим и поднимающим движением? Производя анатомирование, замечай, какие нервы проходят между пищеводом и шейными позвонками в мышцы, которые расположены в указанном месте и которые при своем расширении посредством последовательных сжатий сжимают названный пищевод, когда он по своему узкому каналу гонит пищу к желудку. В этом случае прилежно замечай самое малейшее обстоятельство.

Но, прежде чем ты приступишь к такому наблюдению, хорошенько присмотрись к функции трахеи и определи эту функцию: каким образом трахея располагается, производя звуки высокие, средние и низкие, и какие мышцы при этом участвуют? И рассуди: названные мышцы, находящиеся между шейными позвонками и пищеводом, производят ли при своем утолщении какое действие, позволяющее прижать пищевод к гибкой части трахеи, что возмещает внутренний недостаток ее колец? И также хорошенько посмотри, производится ли движение, совершаемое при суживании ширины трахеи, боковыми мышцами гортани? Причину расширения названных колец ты не будешь искать, ибо она заключается в самой их субстанции; та-

ковой субстанцией является их плотность, она именно является причиной, почему то, что сначала сузилось от расширения окружающих мышц, вновь открывается словно под действием пружины. Такое расширение мышц в свою очередь становится еще бóльшим по сравнению с их естественной величиной, благодаря сокращению трахеи, что делают самые низкие басы, сокращающие гортань тем больше, чем более низкие звуки они издают.

Итак, не бросай исследование голоса и трахеи с ее мышцами до тех пор, пока не приобретешь полного познания о всех частях, с нею связанных, и о всех их функциях, осуществляемых природой для варьирования голоса. И об этом ты составишь особую памятку, зарисовав и продумав каждую часть (W. An. I, 9).

Вырезывание ноздрей у лошадей есть вещь, достойная осмеяния. И эти глупцы соблюдают такой обычай, как будто полагая, что природа не предусмотрела необходимого, почему ее исправителями должны быть люди! Она сделала два носовых отверстия, каждое из которых имеет половину ширины трубки легких, откуда выходит дыхание; но даже если бы этих отверстий не было, достаточно было бы рта для этого обильного дыхания. Однако, если бы ты сказал мне: зачем сделала природа ноздри у животных, если достаточно дышать ртом?— отвечу тебе, что ноздри сделаны для того, чтобы пользоваться ими тогда, когда рот занят жеванием своей пищи (С. А., 76 а).

Нельзя глотать и дышать или подавать голос одновременно. И нельзя дышать носом и ртом одновременно. И это доказывает тот, кто хочет носом дунуть в один свисток или флейту, а ртом в другой.

Почему у стариков голос становится более тонким? Голос становится более тонким у стариков оттого, что проходы трахеи суживаются, как и другие внутренности.

Напиши о том, что такое звук и что такое треск, грохот, шум и т. д. (W. An. A, 3).

У мессера Баттисты делль Аквила, тайного камерария папы, имеется в руках моя книга «О голосе» (С. А., 287 а).

Опиши, каковы мышцы, движущие гортань при порождении голоса, и сколько их (W. An. I, 10).

П р а в и л о д л я н а б л ю д е н и я т о г о, к а к р о ж д а е т с я з в у к в в е р х н е й ч а с т и т р а х е и. Это можно будет понять, извлекая указанную трахею вместе с легким человека: если надуть такое легкое, а потом быстро сжать, то сразу же можно будет увидать, каким образом трубка, именуемая трахеей, порождает звук голоса. И это хорошо можно увидеть и услыхать, взяв шею лебедя или гусыни, которую часто заставляют петь после смерти (W. An. A., 3).

В о з д у х, в ы х о д я щ и й и з т р а х е и, у п л о т н я е т с я л и п р и с в о е м п р о х о ж д е н и и и л и н е т? Весь воздух, который попадает в трахею, остается одинаковым по количеству на всех своих ступенях, обусловленных ее ветвлением, наподобие ветвей, рождающихся от годовых кругов растений, где ежегодно сумма толщин всех ветвей вместе взятых равна толщине ствола растения. Но трахея в гортани суживается для того, чтобы уплотнять воздух, который как бы животворится от легкого и дает начало различным видам голосов, а также для того, чтобы сжимать и расширять различные проходы и желудочки мозга. В самом деле, если бы трахея была столь же широкой на своем верхнем конце, как и в гортани, воздух не мог бы уплотняться и выполнять деяния или благодеяния, необходимые для жизни человека, каковы речь, пение и т. д. А внезапное дуновение, выгоняемое наружу из легкого при сильных вздохах, происходит при содействии брюшной стенки, которая сжимает внутренности и поднимает диафрагму, давящую на легкое (W. An. I, 5об.).

П р о д о л ж е н и е о б а р т и к у л я ц и и ч е л о в е ч е с к о г о г о л о с а. Вытягивание и укорачивание трахеи вместе с расширением и сжатием являются причиной перемены голоса животных от высокого к низкому и от низкого к высокому. Так как при этом втором действии укорачивание трахеи оказывается для голоса недостаточным, трахея несколько расширяется в верхней части,

не принимающей никакого звука, что повышает звук в остающейся части укороченной трубки.

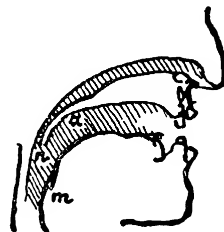
В отношении этого мы произведем опыты при анатомировании животных, нагнетая воздух в их легкие и выдавливая его при одновременном суживании или расширении трубки, порождающей их голос (W. An. IV, 10об.).

Напиши о причине голоса без ясного звука, как делают те, кто шепчет друг другу на ухо.

Когда глотают или проглатывают кусок, нельзя дышать.

Ты покажешь, какие мускулы выталкивают язык изо рта, и таким образом ⟨...⟩.

И постарайся с величайшей тщательностью показать, как происходит глотание, а также причину высокого и низкого голоса (W. An. A, 3).



Перепонка, расположенная внутри прохода, по которому движется воздух через нос, а иногда через рот, есть та, которой пользуется человек, произнося букву *a*, а именно это есть перепонка *an*.

И какие бы движения ни производили язык и губы, они никогда не смогут помешать тому, чтобы воздух, выдыхаемый через трахею, произносил *a* в этой впадине *an*. Также и звук *y* образуется в том же месте при помощи губ, которые сжимаются и несколько выпячиваются вперед; и, чем больше эти губы вытягиваются вперед, тем лучше они произносят букву *y*. Правда, что при этом гортань *m* несколько приподнимается к нёбу. И если бы она этого не делала, то *y* превратилось бы в *o*, каковое *o* ⟨...⟩

И когда произносят *a*, *o*, *y* внятно и четко, необходимо, чтобы при непрерывном, без пауз, произношении их, отверстие губ непрерывно суживалось, т. е. было широким, когда говорят *a*, более узким, когда говорят *o*, и значительно более узким при произношении *y*.

Доказательство того, что все гласные произносятся при помощи

задней части подвижного нёба, находящегося над гортанью. Кроме того, в произношении их участвует положение губ, дающих выход струе воздуха, которая уносит с собой возникший звук голоса. Этот звук, даже тогда, когда губы сомкнуты, выдыхается через ноздри, однако в данном случае, он не будет выразителем ни одной из этих букв и т. д. На основании такого опыта можно уверенно заключить, что трахея не создает ни одного из гласных звуков, а роль ее единственно сводится к созданию указанного голоса, в особенности при произношении гласных *а*, *о*, *у*, (W. An. IV, 10).

Найдено, что язык имеет 24 мускула; они соответствуют шести мускулам, которые образуют движущийся во рту язык. Теперь надо выяснить, каким образом эти 24 мускула разделяют или распределяют между собою функции необходимых движений языка, движений многочисленных и различных. Кроме того, надо посмотреть, каким образом нервы спускаются к языку из основания мозга и, каким образом они расходятся и разветвляются в нем. Также надо приметить, как и каким образом 24 указанных мускула превращаются в шесть в том целом, которое они образуют в языке. Также следует изобразить, откуда берут начало эти мускулы, т. е. в шейных позвонках, в месте соприкосновения с пищеводом, а некоторые — внутри в челюсти и третьи — у трахеи снаружи с боков. И также, каким образом вены их питают и каким образом артерии дают им ду́хов (и т. д., и каким образом нервы дают им ощущения).

Также ты опишешь и изобразишь, каким образом изменение, модуляция и артикуляция голоса при пении являются простой функцией колец трахеи, приводимых в движение реверсивными нервами, и покажешь, что в этом случае никак не участвует язык. И доказывается это тем, что я доказал раньше, а именно: при изменении трубки (т. е. того места, где порождается звук) тру́бы орга́на не издают более низких или более высоких звуков. Такое изменение бывает только в том случае, когда труба становится более широкой или узкой, более длинной или короткой, как это можно видеть при удлинении и укорачивании валторны (tromba torta). В случае неизмен-

ной ширины или длины трубы звук меняется также и в зависимости от дуновения с большей или меньшей стремительностью (при ударе о предметы с большей или меньшей силой такого изменения не бывает, что можно наблюдать на колоколах, ударяемых самыми маленькими и самыми большими языками). То же самое [т. е. изменение звука] бывает в артиллерийских орудиях, одинаковых по ширине и разных по длине; но в этом случае более короткое орудие производит более сильный и более низкий звук, нежели длинное. И об этом дальше я распространяться не буду, ибо трактовал об этом достаточно подробно в книге о музыкальных инструментах. А теперь вернусь к рассмотрению по порядку функций языка.

Язык участвует в произношении и артикуляции слогов, входящих в состав всех слов. Далее, он функционирует при необходимом переворачивании разжевываемой пищи и при очищении внутренней полости рта, включая зубы. И главных его движений — семь, а именно: вытягивание, стягивание и притягивание, утолщение и укорачивание, расширение и утонение. Из этих семи движений три сложных, ибо одно не может быть произведено без того, чтобы не совершилось и другое, по необходимости с ним связанное. Таковы первое и второе, т. е. вытягивание и стягивание, ибо ты не можешь растянуть растяжимую материю без того, чтобы она не стянулась и не стала тоньше по бокам. И точно то же происходит при третьем и четвертом движениях, противоположных обоим первым, а именно при утолщении и укорачивании языка. Далее следуют пятое и шестое движения, которые дают третье движение, состоящее из трех движений, а именно расширение и утонение, [которые дают] укорачивание. Впрочем здесь, может быть, возразят, сославшись на свойство полового члена, который получает так много природного жара, что не только толстеет, но при этом и значительно удлиняется и т. д.

Изобрази движение языка дятла (W. An. IV, 10).

Опиши язык дятла и челюсть крокодила (W. An. I, 13об.).

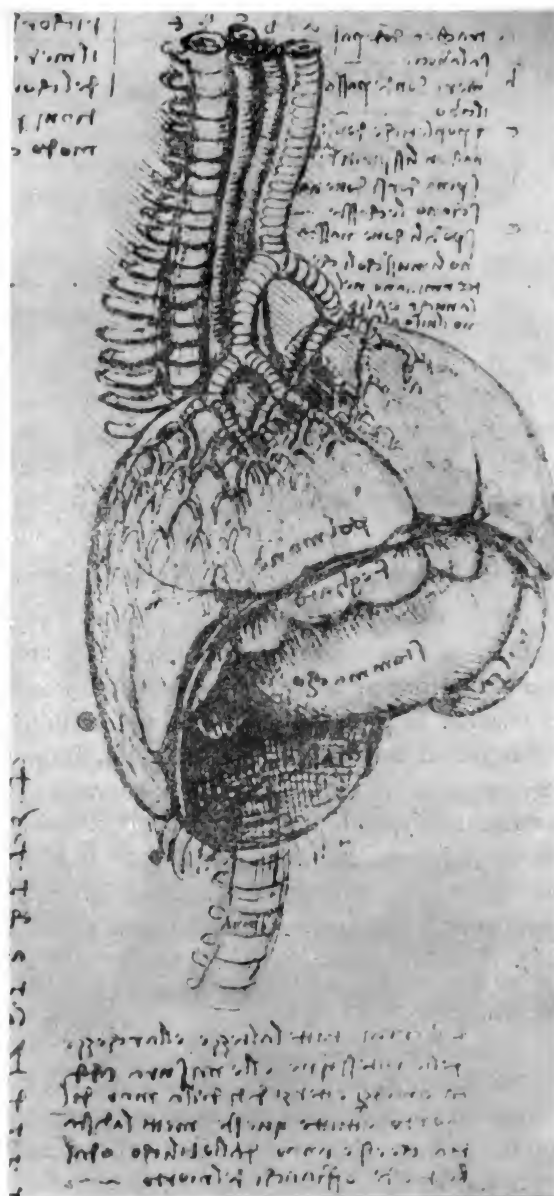
Лицевая поверхность языка у многих животных шероховатая, и особенно у львиной породы, к которой принадлежат львы, пантеры,

парды, рыси, кошки и подобные животные; поверхность их языка особенно шероховата, имеет вид мелких коготков, до некоторой степени гибких; и посредством таких коготков эти животные (когда лижут шерсть) проникают до корней волос (peli) и наподобие гребня удаляют мелких животных, которые ими питаются. И я видел однажды, как ягненка лизал лев в нашем городе Флоренции, где непрерывно бывает таких львов от 25 до 30 и где они производят потомство; этот лев немногими движениями языка снял всю шкуру, покрывавшую ягненка, и такого голого сожрал. Языки у бычачьей породы также шероховаты (W. An. IV, 9об.).

О питании и пищеварении

Каким образом тело животного непрерывно умирает и возрождается. Тело всякой питающейся вещи непрерывно умирает и непрерывно возрождается; ибо пища войти может только туда, где прежняя пища испарилась, и когда она испарилась, жизни больше нет, и если пищу исчезнувшую не возместить таким же количеством новой, жизнь лишится своего здравия, и если ты их этой пищи лишишь вовсе, то жизнь вовсе окажется разрушенной. Но если будешь возмещать столько, сколько разрушается за день, то будет вновь рождаться столько жизни, сколько тратится, наподобие света свечи, питаемого влагой этой свечи, который, благодаря весьма быстрому притоку снизу, непрерывно восстанавливает то, что наверху, умирая, уничтожается и, умирая, из блестящего света обращается в темный дым; смерть эта непрерывна, как непрерывен и этот дым, и непрерывность этого дыма та же, что непрерывность питания, и мгновенно весь свет мертв и весь родился вновь, вместе с движением пищи своей (W. An. B, 28).

Жизнь нашу создаем мы смертью других. В мертвой вещи остается бессознательная жизнь, которая, вновь попадая в желудок живых, вновь обретает жизнь чувствующую и разумную (H, 41об.).



Желудок (W. An. B, 22)

Печень — управительница и распределительница жизненного питания человека.

Желчь — служанка и прислужница печени, которая выметает и вычищает все отбросы и излишки жидкости от пищи, распределяемой печенью по членам (W. An. B, 2об.).

Возьми печень быка для анатомирования (W. An. II, 6об.).

Приведи сначала общеизвестное сравнение с речной водой, а потом скажи о светлой желчи (collera), которая направляется к желудку в направлении, противоположном движению пищи, о том, как желчь движется навстречу пище, выходящей из желудка, и стремится проникнуть в этот желудок. И эти два противоположных движения, которые не проникают друг в друга, а уступают друг другу место, подобны рекам с противоположными течениями,— желчь идет навстречу хилусу, выходящему из желудка (W. An. III, 8об.).

Нарисуй кишки в том положении, какое они занимают, и локоть за локтем удаляй их, завязывая сначала концы удаляемых и остающихся частей. И удалив, нарисуй края (labri) мезентерия, от которого ты отделил подобную часть кишки. Зарисовав положение этого мезентерия, ты нарисуешь разветление его вен; и так последовательно будешь продолжать до конца. И начнешь с прямой кишки и дойдешь до левой стороны в ободочной кишке (colon). Но сначала удали скальпелем кость лобка и подвздошную кость, чтобы хорошенько понять положение внутренностей (W. An. V, 24).

У безногих животных кишка проходит прямо, а это потому, что она всегда находится в лежачем положении, поскольку животное не становится на ноги, которых оно не имеет. А если такое животное приподнимается, то сейчас же возвращается к горизонтальному положению. Между тем у человека это не могло бы иметь места, так как он стоит вполне прямо; если бы извилистость внутренностей не задерживала прохождения пищи вниз, желудок

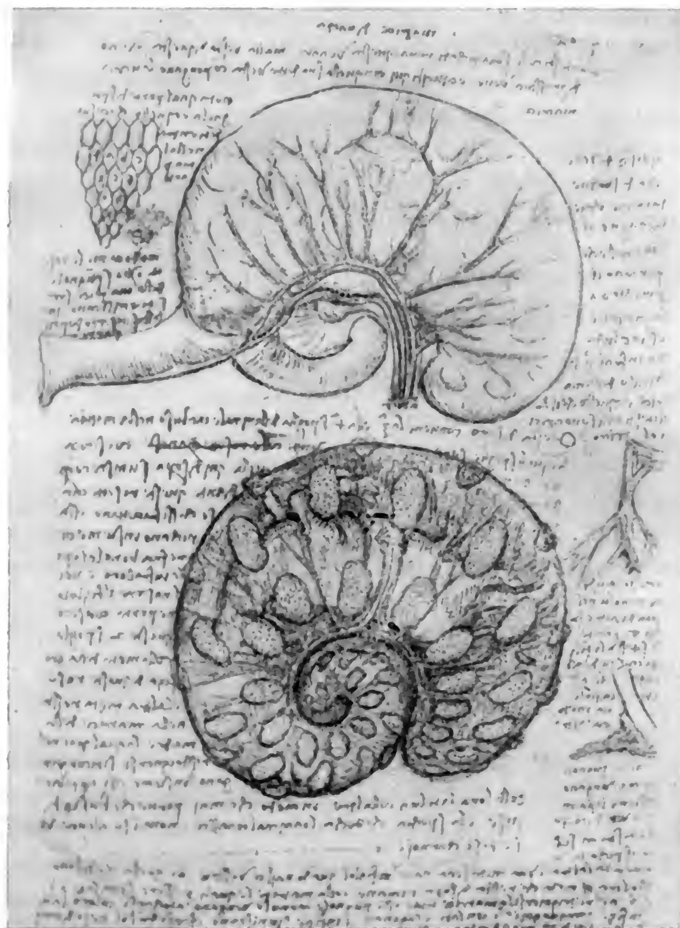
Органы пищеварения (W. An. B, 37об.)

сразу опустошался бы. И если бы внутренности проходили прямо, каждая часть пищи не усваивалась бы кишкою так, как она усваивается в кишках извилистых. Таким образом, среди излишков этой пищи оставалось бы большое количество питательного вещества, и оно не могло бы впитываться веществом этих внутренностей и поступать в вены брызжейки (W. An. B, 14об.).

Брюшная стенка (mirac) не участвует в выдавливании наружу из внутренностей их излишков. Доказательство: когда нужно выгнать эти излишки из указанных внутренностей, человек, собаки и многие другие животные искривляются своим телом и уменьшают спереди продольные мышцы, относящиеся в значительной части к брюшной стенке. Следовательно, коль скоро такие мышцы приобретают силу при уменьшении своей длины и коль скоро с самого начала эта длина при искривлении человека уменьшилась более, нежели их [возможное] максимальное сокращение, то с какой силой смогут они действовать, выгоняя излишки из внутренностей?. Ни с какой, ибо никакой силы в них не остается.

Следовательно, этой необходимости отвечает брюшина, ибо она становится тем сильнее, чем более человек искривляется. Ведь при таком искривлении человек делается толще вместе с внутренностями, которые сокращаются одновременно с искривлением человека. И потому четыре силы участвуют в изгнании излишков из внутренностей. Первая — укорачивание человека спереди; подобно щипцам он сдавливает внутренности между своим весом, расположенным над этими внутренностями, и крестцом (alcatin) — костью, являющейся для внутренностей опорой. Кроме того, брюшина, широкими поясами охватывающая внутренности, при их утолщении натягивается и приобретает силу. А затем сюда присоединяется сила мышц брюшины, они оттесняют ее назад, прижимают и стягивают ее на упомянутых внутренностях.

Косые мышцы (muscoli latitudinali) не выполняют функции давления на внутренности, как это можно видеть, когда человек опускает плечо с одной стороны и поднимает его с другой. При таком действии



Желудок и селезёнка (W. An. B, 14об.)

мышцы расслабляются и остаются у человека без силы с одного бока, становясь сильными с бока противоположного.

Мы скажем, следовательно, что такие поверхностные мышцы (т. е. продольные и косые) созданы для предохранения человека от перелома, когда он изгибается назад по прямой линии или наклоняется вправо или влево,— ни для чего другого,— тогда как поперечные мышцы брюшины единственно созданы для стягивания внутренностей, когда они выталкивают свои излишки (W. An. II, 16).

Произведи анатомирование почки и оставь одни только вены, и это ты сделаешь, если ее вываришь (W. An. III, 3).

О головном и спинном мозге и об органах чувств

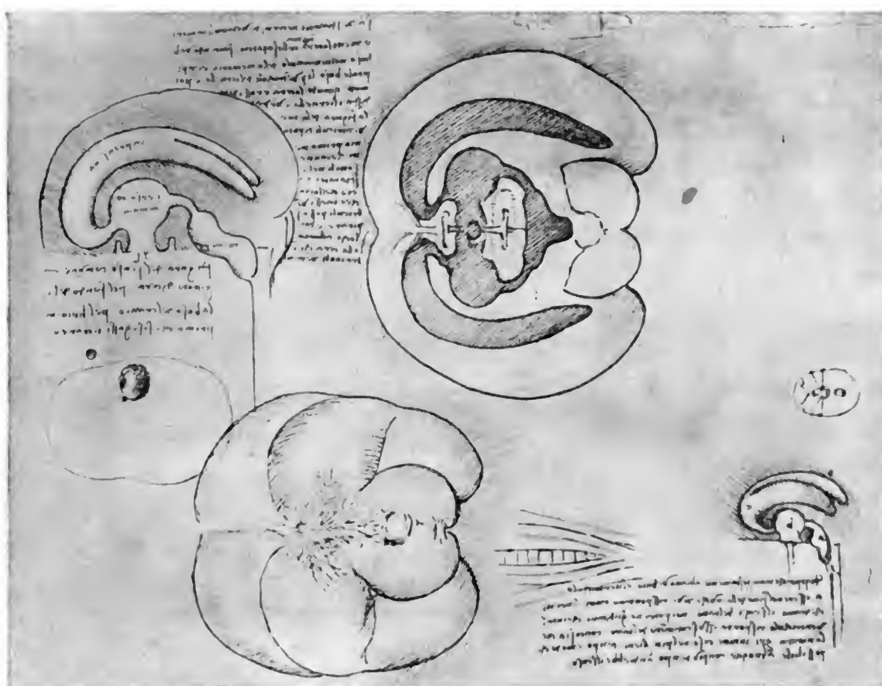
Если ты разрежешь луковицу посредине, то сможешь увидеть и сосчитать все слои или оболочки, кругообразно прикрывавшие центр луковицы. Так же точно, если разрежешь посредине человеческую голову, то сначала разрежешь волосы, затем кожу, затем мускулистое мясо и надчерепную оболочку (pericraneo), затем череп и внутри его твердую и мягкую мозговую оболочку (la pia e la dura madre) и мозг, засим опять твердую и мягкую оболочку и дивное сплетение (rete mirabile); и их основание — кость (W. An. V, 6об.).

После того как мы отчетливо видели, что желудочек *a* [рис. на стр. 836] находится в конце затылка, куда направляются все нервы, дающие чувство осязания, мы сможем заключить, что в этот желудочек направляется и само чувство осязания, ибо природа всегда действует в кратчайшее время и кратчайшим образом, какие только возможны, следовательно, чувство шло бы дольше, если бы это не было так.

Сделай две отдушины в отростках больших желудочков и впусти растопленный воск, сделав отверстие в мемории, и через это отверстие наполни три желудочка мозга; и когда воск застынет, раскрой мозг и увидишь точную форму трех желудочков. Но сначала вставь тонкие



Разрез человеческой головы (W. An. V. 6об.)



Разрез головного мозга (W. An. V, 7)

трубки в отдушины так, чтобы воздух из желудочков мог выйти вон, уступая место впускаемому воску (W. An. V, 7).

Желудочки мозга и желудочки спермы находятся на одинаковом расстоянии от желудочков сердца (W. An. V, 2).

Каким образом пять чувств являются слугами души. Душа, повидимому, находится в судящей части, и судящая часть, повидимому, в том месте, где все чувства сходятся и которое именуется общим чувством. И она не вся во всем теле, как многие думали, но вся в этой части; ведь если бы она была вся во всем и вся в каждой части, органам чувств не было бы необходимости сходиться в одно место; тогда достаточно было бы глазу выполнять функцию ощущения на своей поверхности и не нужно было бы посылать по зрительным нервам подобий видимых вещей к [общему] чувству, ибо душа на основании вышесказанного могла бы постигать их на этой поверхности глаза. И сходно для чувства слуха,— достаточно было бы раздаться звуку в сводчатых полостях каменистой кости, находящейся внутри уха, и не совершать никакого перемещения от этой кости к общему чувству, где он соединяется и имеет идти к общей судящей части. Чувство обоняния также, очевидно, понуждается к схождению в названную судящую часть. Осязание проходит по полым жилам (corde) и передается общему чувству; жилы эти распространяются бесчисленными разветвлениями в коже, покрывающей телесные члены и внутренности. Полые жилы передают приказание и ощущение служебным органам; эти жилы и нервы повелевают движениями мускулов и тонких мышц (lacierti); последние повинуются и их повиновение выражается в набухании, ибо набухание укорачивает их длину и оттягивает назад нервы, которые переплетаются с частицами органов; проникая в концы пальцев, нервы передают общему чувству причину осязания, т. е. осязаемый ими предмет.

Сухожилия со своими мускулами служат нервам, как солдаты своим кондотьерам, а нервы служат общему чувству, как кондотьеры полководцу; и общее чувство служит душе, как полководец своему

господину. Следовательно, костные суставы повинуются сухожилиям, сухожилия — мускулам, мускулы — нервам, нервы — общему чувству, а общее чувство есть местопребывание души. Память есть ее телохранитель, а чувствилище (l'impressiva) — ее референдарий, поскольку чувство одаряет душу, а не душа чувство. И там, где в душе отсутствует служебное чувство, там у живого существа отсутствует и понятие соответствующей функции этого чувства, как явствует из примера немых и слепых от рождения (W. An. B, 2).

Общее чувство есть то, которое судит о вещах, данных ему другими чувствами.

Общее чувство приводится в движение посредством вещей, данных ему другими пятью чувствами. И чувства эти приводятся в движение посредством предметов, посылающих изображения свои пяти чувствам, от которых эти изображения передаются чувствилищу, а от него общему чувству, и оттуда, судимые, посылаются памяти, в которой, смотря по силе, сохраняются более или менее. Пять чувств следующие: зрение, слух, осязание, вкус, обоняние.

Прежние исследователи заключили, что та часть суждения, которая дана человеку, производима орудием, с которым пять чувств сносятся посредством чувствилища (impressiva), и этому орудию дали они имя общего чувства. И они говорят, что чувство это находится в середине головы [14]. Имя общего чувства прилагают они только потому, что оно является общим судьей всех прочих пяти, т. е. зрения, слуха, осязания, вкуса и обоняния. Общее чувство приводится в движение посредством чувствилища, лежащего между ним и чувствами. Чувствилище приводится в движение подобиями вещей, даваемыми ей наружными органами, т. е. чувствами, лежащими между внешними вещами и чувствилищем; в свою очередь чувства приводятся в движение предметами. Окружающие предметы посылают свои подобия чувствам, а чувства передают их чувствилищу, чувствилище посылает их к общему чувству, и им они укрепляются в памяти, и здесь они сохраняются более или менее, в зависимости от важности или силы данных вещей.

То чувство быстрее в своем служении, которое ближе к чувствилищу; таков глаз, верховник и князь прочих, о котором мы только и будем говорить, а прочие оставим в стороне, дабы не отклоняться от нашей материи.

Опыт говорит, что глаз распространяется на 10 различных существенных свойств (nature) предметов, а именно на свет и тьму; первый есть причина познания девяти остальных, а вторая есть отсутствие света. Остальные 8: цвет, телесность, фигура, положение, удаленность и близость, движение и покой (С. А., 90 b).

Почему один предмет кажется двумя, когда мы касаемся его стороной *b* одного пальца и стороной *a* другого пальца, а если мы касаемся его *n* и *m*, он кажется нам одним. Это потому, что *n* и *m* рождаются от одного нерва, тогда как *a* и *b* — от двух[15] (W. An. A, 13об.).

Какой нерв является причиной такого движения глаз, при котором движение одного влечет за собой движение другого?

О закрывании век, о поднимании век, об опускании век, закрывании глаз, об открывании глаз, о поднимании ноздрей, об открывании губ со сжатыми зубами, о вытягивании губ, о смехе, об изумлении (W. An. B, 42).

О том, как жилы (nervi) иногда действуют сами по себе, без приказания других служителей души. Это ясно обнаруживается, поскольку ты видишь, что паралитики и озябшие и закоченевшие движут дрожащие свои члены, например голову и руки, без ведома души, которая всеми своими силами не сможет воспрепятствовать этим членам дрожать. То же самое случается при падучей болезни и с отрезанными членами, каковы хвосты ящериц.

Идея или воображающая способность (imaginativa) есть руль и узда чувств, ибо воображаемая вещь движет чувства (sensi). Предображать (preimaginare) значит воображать то, что будет; отображать (postimaginare) — воображать то, что было (W. An. B, 42).

Лягушка сохраняет жизнь в течение нескольких часов после удаления головы и сердца и внутренностей, но если проколешь этот нерв, она немедленно же скорчивается и умирает.

Все нервы животных берут начало отсюда; когда его [этот нерв, т. е. спинной мозг] прокалывают, наступает сразу смерть (W. An. V, 21).

Лягушка сразу умирает, если проколоть ее спинной мозг (midollo della sciena), хотя до того она жила без головы, без сердца и каких бы то ни было внутренностей и кожи. И потому кажется, что здесь находится основание движения и жизни (W. An. V, 21об.).

О развитии зародыша и росте ребенка

Ты, Мондино, утверждаешь, что [у женщины] семенные сосуды (vasi spermatici) или тестикулы [яичники] не выделяют настоящего семени, а только некую слюновидную жидкость, которую природа предназначила для удовольствия женщины при соитии. Если бы это было так, то для такой цели не нужно было бы, чтобы начала семенных сосудов проходили одинаковым образом и у женщины, как у мужчин (W. An. I, 42).

Чернота в Эфиопии не имеет причиной солнце, ибо если черный мужчина оплодотворит черную женщину в Скифии, она произведет на свет черное дитя, а если черный мужчина оплодотворит белую женщину, она принесет серое потомство. И это показывает, что семя матери имеет влияние на зародыш, равное с семенем отца (W. An. III, 8об.)

Хотя бы ум человеческий и делал различные изобретения, отвечая различными орудиями одной цели, нигде он не найдет изобретения более прекрасного, более легкого и более верного, чем в природе, ибо в ее изобретениях нет ничего недостаточного и ничего лишнего. И не пользуется она противовесами, когда делает способные к движению члены в телах животных, а помещает туда душу, образующую это тело, т. е. душу матери, которая первая образует в матке очертания

человека и в нужное время пробуждает душу, долженствующую быть его обитательницей; эта душа сначала бывает спящей, опекаемой душою матери, питающею и животворяющею через пуповину всеми своими духовными членами; и продолжает она так до тех пор, пока эта пуповина соединена с плацентой (secondina) и «дольками» (cotiledoni), при помощи которой дитя соединяется с матерью. И это — причина, почему одно волнение, одно страстное желание, один страх, испытываемый матерью, или иная душевная боль имеет больше влияния на дитя, чем на мать, так как часты случаи, что дитя от этого лишается жизни, и т. д. Рассуждение это не идет сюда, но относится к составу одушевленных тел. И остальную часть определения души предоставляю уму братьев, отцов народных, которые наитием ведают все тайны. Неприкосновенным оставляю священное писание, ибо оно — высшая истина (W. An. IV, 10).

Почему сердце не бьется и легкое не дышит в то время, когда младенец находится в матке, полной воды? Потому что. если бы он вздохнул, он тотчас же захлебнулся бы. Но дыхание и биение сердца его матери поддерживают жизнь младенца, связанного с нею посредством пуповины, подобно тому, как они поддерживают ее и в других органах [матери] (W. An. II, 11).

У этого младенца сердце не бьется и он не дышит, ибо он непрерывно находится в воде; а если бы он вздохнул, то захлебнулся бы. И дыхание ему не нужно, ибо он живится жизнью и питается пищей матери; эта пища питает такое существо не иначе, как и другие органы матери, т. е. ее руки, ноги и т. д. И одна и та же душа управляет этими обоими телами, и желания их, тревоги и страдания — общие для такого существа, как и для всех других одушевленных органов. Вот отчего случается, что предмет желания матери часто оказывается запечатленным в тех органах младенца, которые мать таит внутри себя, испытывая такое желание. И внезапный испуг убивает мать и младенца. Следовательно, мы делаем заключение, что одна и та же душа управляет телами и одно и то же питает оба тела (W. An. III, 8).



Младенец в матке (W. An. III, 8)

⟨...⟩ и какая часть сердца является причиной его движения? находится ли эта причина внутри или вне сердца? и необходимо ли это движение, если младенец получает жизнь и питание от сердца и вен матери, с которой он соединен посредством пупочной вены (vena umbilicale)? И если доказать, что сердце не бьется, тогда не будет необходимости ни в дыхании, ни в деятельности легкого.

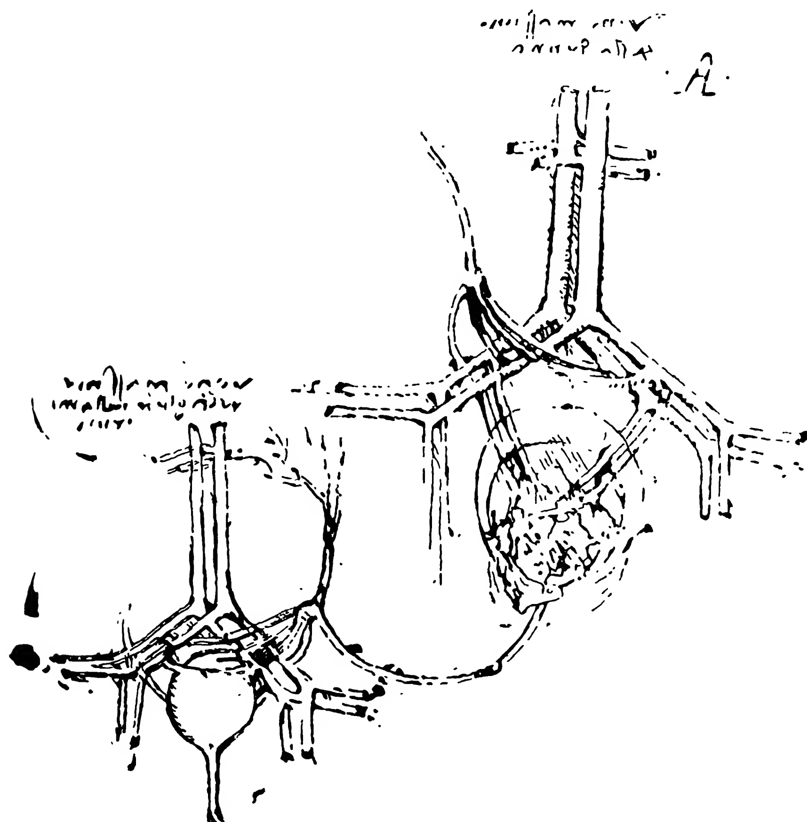
Поведем рассуждение с другого конца: мы знаем достоверно, что легкое не движется в груди младенца, ибо этот младенец находится в бурдюке, наполненном прозрачнейшей водою, и если бы он вздохнул, то сейчас же захлебнулся бы. Эта вода находится с ним в непосредственном соприкосновении, без оболочки (panniculo), расположенной между младенцем и водою. Даже если бы такая оболочка существовала, она, имея неосязаемую тонкость, по необходимости порвалась бы при вытягивании рук и ног, когда младенец ворочается, ибо отодвигаемые друг от друга члены требуют большей оболочки, нежели те, которые соприкасаются друг с другом. Это можно видеть на примере перчатки: чтобы снять ее, нужны шесть поверхностей, находящихся в трех местах соприкосновения, между четырьмя соприкасающимися пальцами. Таким образом, коль скоро доказано, что младенец не может дышать внутри тела матери, нет необходимости и в биении сердца, ибо он задохся бы, не получая освежения от холодного воздуха, втягиваемого легким (W. An. V, 26).

[Рис. на стр. 844, справа]. Полые вены (vene massime) женщины. [Слева]. Полые вены младенца в матке.

Покажи, каким образом вены матки разветвляются в этой матке, каковы они и сколько их, какие проникают в плаценту (sechondina) и какие из них те, которые рвутся при отделении младенца от матки.

Вены и артерии в матке женщины так перемешиваются, приходя в соприкосновение с крайними пупочными венами ее младенца в *a* и *b*, как вены брызжейки (vena miseraice), разветвляющиеся в печени, смешиваются с венами, спускающимися к той же печени от сердца, и как разветвления легочных вен с разветвлениями трахеи, охлаждающими эти вены. Но вены младенца разветвляются не в веществе матки

его матери, а в плаценте, которая заменяет сорочку внутри облекающей ее матки и которая посредством «долек» (chotilidoni) с нею связана (но не объединена в одно целое) и т. д. (W. An. I, 1).



Младенец внутри матки имеет три оболочки (pannicoli), которые его окружают. Из них первая называется animus, вторая — alantoydea, третья — secundina. С этой последней матка связывается посредством «долек», и все соединяются в пуповине, состоящей из вен (W. An. III, 8об.).

Порядок твоего изложения должен начинаться с образования младенца в матке; и нужно сказать, какая часть его образуется сначала, и так далее, последовательно, на протяжении всего времени беременности, полагать одну часть за другой, вплоть до рождения. И сказать о том, как младенец питается, частично основываясь на сведениях, почерпнутых из наблюдений над яйцами, которые несут куры (W. An. I, 12).

Ты изобразишь печень зародыша с ее отличиями от печени взрослого, т. е. в том же масштабе как с правой, так и с левой стороны.

Но сначала ты произведешь анатомию высиживаемых яиц.

Скажи о том, что на 4-м месяце младенец имеет половину длины, которую он имеет при рождении, т. е. в 8 раз меньший вес (W. An. I, 10).

Рождение цыплят достигается при помощи огненных печей.

Яйца округленные производят самцов, а длинные производят самок (W. An. III, 7).

Посмотри, как питаются птицы в яйцах (W. An. III, 9об.).

Спроси жену Бьяджино Кривелли, как петух выводит и высиживает цыплят курицы, будучи опьянен (W. An. III, 12).

Все семена имеют пуповину, которая отрывается, когда семя созревает. И точно так же они имеют матку и плаценту (secondina), как показывают травы (erbiglie) и все семена, образующиеся в шелухе (guaine). А те, которые образуются в скорлупе, каковы орехи (nocchole), фисташки и т. п., имеют длинную пуповину, заметную в их младенчестве (W. An. III, 9об.).

Об изменении мер человека от его рождения до окончания его роста. У человека в раннем младенчестве ширина плеч равна длине лица и расстоянию от плеча до локтя, когда рука согнута; и подобна расстоянию от большого пальца руки до названного согнутого локтя, и подобна расстоянию

от основания детородного члена до середины колена, и подобна расстоянию от этого сустава колена до сустава ступни.

Но когда человек достиг предельной своей высоты, каждое вышеназванное расстояние свою длину удваивает, за исключением длины лица, которая вместе с величиною всей головы мало меняется. И поэтому у человека, кончившего расти и хорошо сложенного, десять его лиц: ширина плеч — два лица и два таких лица — все другие вышеназванные длины (Т. Р., 264).

О движениях человека и животных

Движение есть причина всякой жизни (H, 141).

После того как будут изображены все части членения человека и других животных, будет представлено, каким образом эти члены правильно действуют, т. е. при вставании лежащего, при ходьбе, беге, прыжке по различным направлениям, при поднимании и несении больших тяжестей, бросании предметов далеко от себя и при плавании. Итак, при каждом действии нужно будет показать, какие члены и мышцы являются причиной указанных актов, а в особенности при взмахивании рук (W. An. A, 11об.).

О змеевидной линии и равновесии фигур человека и других животных. Какую бы фигуру человека или изящного животного ты ни делал, помни, что следует избегать деревянности, т. е. эти фигуры должны ступать, уравновешиваясь или балансируя так, чтобы не казаться куском дерева. Тех, кого ты хочешь изобразить сильными, не делай такими, за исключением поворота головы (B. N. 2038, 22об.).

Заметь сгибы в сочленениях и каким образом растет мясо на них при сгибании и разгибании и об этом важнейшем предмете составь отдельный трактат с описанием движений четвероногих животных, к числу каковых принадлежит и человек, который в детстве также ходит на четырех ногах (E, 16).

О хождении человека. Хождение человека всегда совершается на манер хождения четвероногих животных вообще, поскольку они передвигают свои ноги крест-накрест, на манер конской рыси; так движет и человек крест-накрест четыре своих конечности, т. е. выбрасывая при ходьбе правую ногу вперед, вместе с нею выбрасывает он левую руку и т. д. (С. А., 297 b).

Равновесие тел, которые не движутся. Равновесие или балансирование людей делится на два вида, а именно на простое и сложное. Балансирование простое — то, которое осуществляется человеком на двух его неподвижных ступнях, стоя на которых этот человек или разводит руки на различные расстояния от своей середины, или наклоняется, стоя на одной или двух ступнях, причем центр его тяжести всегда должен быть по отвесной линии над центром этой ступни; а если он опирается одинаково на обе ступни, то тогда центр тяжести человека будет на отвесной линии, проходящей через середину линии, которая измеряет пространство между центрами этих ступней.

Под сложным равновесием разумеется такое, которое осуществляет человек, поддерживающий над собою груз в различных движениях. Так, например, изображая Геркулеса, который стискивает Антея, приподняв его над землей, между своею грудью и руками, делай его фигуру настолько позади центральной линии его ступней, насколько у Антея центр тяжести находится впереди тех же ступней (Т. Р., 394).

Ни одно животное не может как таковое приводить в движение груз больший, нежели величина той тяжести, которая находится вне центра его опоры (Forst. III, 34).

О человеческом движении. Если ты хочешь изобразить человека, движущего какой-нибудь груз, прими во внимание, что движения должны совершаться по различным направлениям, т. е. снизу вверх при простом движении, которое совершает тот, кто, наклонившись, берет груз и хочет его, выпрямляясь, поднять. Либо

он хочет отодвинуть что-нибудь назад, или продвинуть вперед, или притянуть вниз веревкой, проходящей через блоки. Здесь напоминаю, что вес человека тянет тем больше, чем больше центр его тяжести находится вне центра его опоры, и к этому присоединяется сила, которую дают ноги и согнутая спина при своем выпрямлении (Е, 15; ср. Т. Р., 316).

О силе человека. Человек, когда тянет груз, находящийся в равновесии с ним, может тянуть лишь в меру собственного веса. А если он должен поднять, то он поднимет тем больше по сравнению с собственным весом, чем больше его сила будет превосходить обычную силу других людей. Наибольшая сила, которую может породить человек, при той же быстроте и движении,— это та, когда он станет неподвижно ногами на один из концов рычага и упрет плечи во что-нибудь устойчивое; тогда он поднимет на противоположном конце рычага такой вес, который равен его собственному, и еще столько веса, сколько он имеет, он несет на своих плечах (А, 30 об.).



Тот, кто сидит, не может подняться на ноги без применения силы рук, если часть, находящаяся спереди от точки опоры, не имеет тяжести большей, нежели часть, находящаяся сзади нее.

Тот, кто поднимается на что-нибудь, должен передавать бо́льшую тяжесть вверх перед ногами (т. е. перед точкой опоры), нежели сзади (т. е. за ней); следовательно, человек всегда будет передавать бо́льшую тяжесть в ту сторону, куда он хочет двигаться, нежели в какую-либо другую.

Тот, кто быстрее бежит, больше наклоняется в сторону, в которую он бежит, и передает вперед, за точку своей опоры, бо́льшую тяжесть, нежели назад. Тот, кто бежит по склону, помещает свою точку опоры над

пятками; тот, кто бежит по подъему, помещает его над кончиками ног; тот, кто бежит по ровной поверхности, помещает его сначала над пятками, а потом над кончиками ног.



Этот человек не будет перемещать своей тяжести, если, откидываясь назад, не будет восстанавливать вместе с тем тяжесть спереди, так, чтобы покоящаяся нога всегда находилась в середине тяжести (A, 28об.).

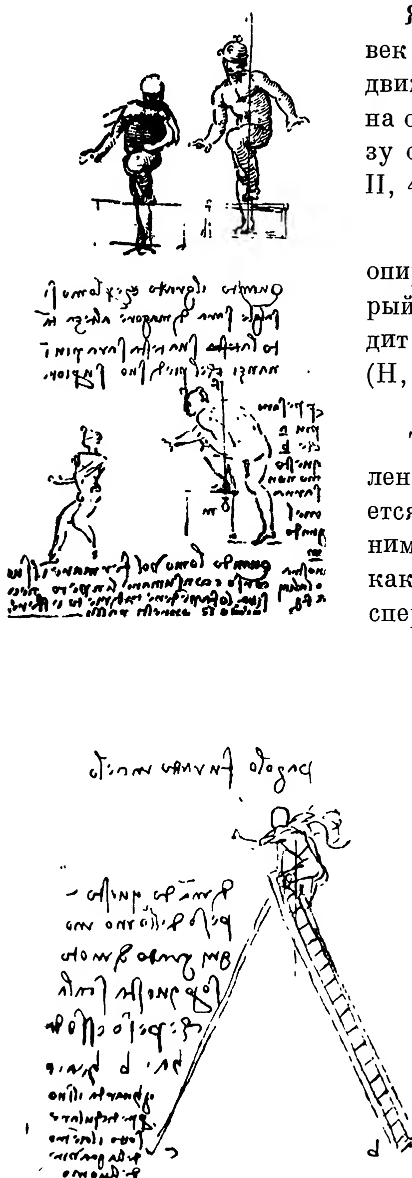


Когда человек хочет остановить свой бег и исчерпать импульс, необходимость заставляет его отклониться назад, делая мелкие и быстрые шаги; всегда центр тяжести человека, поднимающего одну ногу с земли, остается над центром подошвы его [другой] ступни.

Человек, который поднимается по лестнице, передает вперед и вбок более высоко находящейся ноге вес, равный тому противовесу, который он сообщает ниже находящейся ноге, почему труд этой последней заключается лишь в том, чтобы передвигать себя саму.

Первое, что делает человек, поднимаясь по ступенькам,— он разгружает ногу, которую хочет поднять, от тяжести корпуса, покоившейся на этой ноге, и вместе с тем нагружает другую ногу всей остальной своей тяжестью, включая тяжесть первой ноги. Затем он поднимает ногу и ставит ее стопу на ту ступеньку, на которую хочет подняться. Сделав это, он возвращает выше находящейся ноге всю тяжесть корпуса и ноги, опирает руку на бедро, наклоняя голову вперед, и совершает движение в сторону кончика верхней ноги, быстро поднимая стопу нижней; с этим импульсом он поднимается вверх и в то же самое время простирает руку, ранее опертую о колено; такое простирание руки поднимает корпус и голову вверх, причем распрямляется согнутая спина.

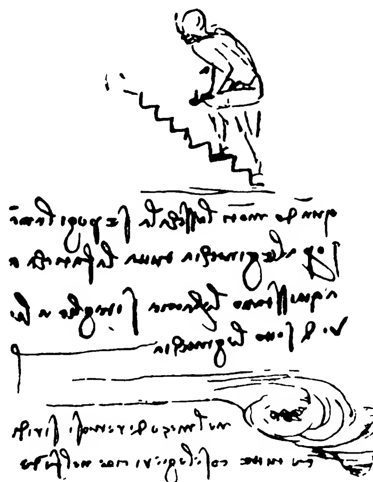
Чем выше ступенька, на которую поднимается человек, тем более впереди окажется его голова по сравнению с выше расположенной ногой; так как *a* весит больше, чем *b*, человек не будет на ступеньке *m*, как показывает линия *gf* [рис. на стр. 850](W. An.B, 21).



Я спрашиваю, какую тяжесть человек передает в *b* и в *c* на каждой ступени движения по этой лестнице? Посмотри на отвесную линию, проведенную книзу от центра тяжести человека (Forst. II, 45 об.)

Когда ты поднимаешься по лестнице, опирая руки о колени, весь труд, который приходится на долю рук, переходит к жилам (nervi) ниже колена (H, 75).

Тот, кто спускается, делает маленькие шаги, так как тяжесть остается над ногой сзади. А тот, кто поднимается, делает большие шаги, так как его тяжесть находится над ногой спереди (W. An. VI, 18).



О живых существах

Увидел ли ты здесь ту тщательность, с какой природа расположила сухожилия, артерии и вены по бокам пальцев, а не посредине, дабы при работе они как-нибудь не укололись и не порезались?[16] (W. An. A, 13об.).

Кажется, что здесь природа у многих (или для многих) животных была скорее жестокой мачехой, нежели матерью, а для некоторых не мачехой, а матерью сердобольной (Forst. III, 20об.).

Всякое тело состоит из тех частей и влаг, которые необходимы для его поддержания. Душе, которая на время избрала своим жилищем подобную форму тела, хорошо известна эта необходимость и она предусмотрела ее. Посмотри на рыбу, испытывающую по необходимости непрерывное трение о воду,— душа ее, дочь природы[17], предусмотрела, чтобы в пустотах между смыкающимися чешуями образовался некий клейкий пот, который неохотно отделяется от этой рыбы и выполняет в отношении нее ту же роль, что смола в отношении корабля (Forst. III, 38).

И ты, человек, рассматривающий в этом моем труде удивительные произведения природы, если ты решишь, что разрушить мой труд — дело преступное, подумай, что гораздо более преступно отнять жизнь у человека! И если это его строение тебе кажется удивительным произведением, подумай, что оно — ничто в сравнении с душой, которая обитает в этом здании. И поистине, какова бы эта душа ни была, предоставь ей жить в своем произведении как ей заблагорассудится и не стремись своим гневом и злобой разрушить такую жизнь, ибо поистине тот, кто ее не ценит, тот ее не заслуживает. Ведь и душа так неохотно разлучается с телом, и я уверен, что ее плач и скорбь не без причины (W. An. A, 2).

Душа никогда не может разрушиться при разрушении тела, но действует в теле наподобие ветра, производящего звук в орга́не,



Страница анатомической рукописи (W. An. A, 13об.)

в котором, если испорчена трубка, не получается у нее больше от ветра хорошего действия (Tr., 40об.).

Каждая часть имеет склонность соединиться со своим целым, дабы избежать своего несовершенства.

Душа хочет находиться со своим телом, потому что без органических орудий этого тела она ничего не может совершить и ощущать (C. A., 59 b).





БОТАНИКА



И природа столь усладительна и неистощима в разнообразии, что среди деревьев одной и той же породы ни одного не найдется растения, которое вполне походило бы на другое, и не только растения, но и ветвей, и листьев, и плода не найдется ни одного, который бы в точности походил на другой (Т. Р., 501).

О стволах и ветвях деревьев

Деревья. Низкие, высокие; редкие, частые (т. е. в своей листве); темные, светлые, красные; разветвляющиеся кверху, прямо к глазу, книзу; белые стволы, сквозь которые просвечивает и не просвечивает воздух; тесно и редко расположенные (L, 87об.).

Все ветви деревьев на каждой ступени их высоты, будучи сложены вместе, равны толщине основного ствола. Все ветвления вод на каждой ступени их течения, при постоянной скорости, равны ширине начального потока (I, 12 об.).

То растение будет возрастать по наиболее прямой линии, которое дает наиболее мелкие ветвления (G, 13).

Как общее правило, почти все прямые линии растений искривляются, обращая выпуклую часть к югу; и ветвления их длиннее,



Страница кодекса B (лист 14)

толще и гуще на южной стороне, чем на северной; происходит это оттого, что солнце притягивает влагу на ту поверхность растения, которая к нему ближе.

И это наблюдается, если солнце не заслонено другими растениями (G, 36об.).

Южная часть растений обнаруживает бóльшую свежесть и крепость, чем северная.

Более старая часть древесной коры всегда та, которая первая трескается.

У той части дерева будет более грубая и толстая кора, которая будет более старой.

Круги срезанных древесных ветвей показывают число их лет и то, какие были более влажными или более сухими, смотря по большей и меньшей их толщине. И так показывают они страны света, смотря по тому, куда они обращены, потому что более толстые обращены более к северу, чем к югу и, таким образом, центр дерева по этой причине ближе к его южной, чем к его северной, коре. И хотя это живописи ни к чему, все же я об этом напишу, дабы опустить возможно меньше из того, что известно мне о деревьях (T. P., 829).

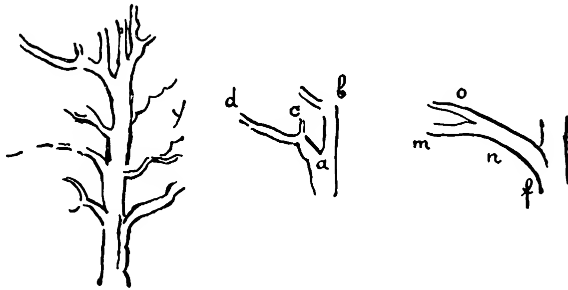
О коре деревьев. Увеличение толщины дерева производится соком, который зарождается в апреле между лыком и древесиной этого дерева, и за это время лыко превращается в кору, которая приобретает новые трещины в глубине уже имеющихся (T. P., 842).

Та часть дерева, которая наиболее удалена от ударяющей в него силы, наиболее подвергается действию этого удара, ибо это — большее плечо рычага. Вот почему природа, предусматривая этот случай, сделала деревья более толстыми в той части, где они могут наиболее пострадать, и особенно деревья, растущие на большую высоту, как сосны и им подобные (B. M., 277об.).

О разветвлениях растений. В растениях, которые значительно распространяются вширь, углы отклонения их

ветвей являются тем более тупыми, чем ниже находится начало этих ветвей, т. е. чем оно ближе к более толстой и более старой части дерева. Следовательно, в более молодой части дерева углы его разветвлений более острые (E, 6об.).

Всегда более низко расположенные ветви, образовав угол при разлучении со стволом, изгибаются книзу, чтобы не прижиматься вплотную к другим ветвям, которые следуют за ними выше на том



же стволе, и чтобы лучше вбирать воздух, питающий их. Это показывает угол *ba*; ветвь *ac*, образовав сторону угла *ac*, изгибается книзу в *cd*, а веточка *c* отсыхает, будучи бесполезной.

Всегда главная ветвь проходит снизу, как показывает ветвь *fnm*, которая не идет по *fno* (G, 35об.).

Верхние веточки боковых веток растений ближе прилегают к своей материнской ветви, нежели нижние (G, 4 об.; T. P., 892).



Более низкие ветви растений, имеющих более крупные листья и тяжелые плоды, каковы ореховое дерево, смоковница и т. п., всегда склоняются к земле.

Ветви всегда рождаются над [черешком] листа (G, 5).

Ветви, отделяясь от ствола, всегда образуют основание с бугром (globosita), как это видно в *abcd* (G, 37).

Всякая ветвь и всякий плод зарождается над местом зарождения листа, который является для них матерью, доставляя им воду дождей и влагу росы, выпадающей на них ночью, и часто он уберегает их от чрезмерного жара солнечных лучей (G, 33об.).

Почему часто деревья не имеют прямых жил? Когда ветви, появляющиеся во второй год над ветвями прошлого года, не имеют одинаковой толщины над старыми ветвями, а с одного бока [толще], тогда сок нижней ветви направляется для питания более высокой, хотя бы она и находилась несколько сбоку. Но если такие ветвления будут возрастать равномерно, то жилы их ствола будут прямыми и параллельными на каждой ступени высоты растения.

Итак, ты, живописец, не имеющий подобных правил, старайся, во избежание упреков со стороны знающих, рисовать каждую свою вещь с натуры и не презирай науку, как это делают корыстолюбцы! (G, 33; Т. Р., 834).

О разветвлениях растений с их листьями. Разветвления некоторых растений, например вяза, — широкие и тонкие, наподобие раскрытой руки с растопыренными пальцами; и они являют себя в своем разнообразии: внизу они показывают верхнюю сторону, более высокие показывают нижнюю, а средние — частью нижнюю и частью верхнюю. И верхняя часть находится на конце ветвления, а средняя — наиболее укороченная из всех, которые обращены вершинами к тебе. Самая длинная из этих частей, находящихся на середине растения, будет та, которая обращена в сторону вершины этих деревьев, и она образует такие разветвления подобно листьям дикой ивы (felca salvatica), растущей по берегам рек.

Другие ветвления — круглые; таковы ветвления тех деревьев, у которых веточки и листья расположены шестые над первыми. Третьи — редкие и прозрачные, как у ивы (salice) и ей подобных (G, 30 об.; Т. Р., 832)

Описание вяза. Это разветвление вяза имеет наиболее крупную ветвь наверху, а наименьшими являются первая и предпоследняя, если главная ветвь — прямая.

Промежуток между местами возникновения двух листьев равен половине максимальной длины листа или несколько меньше, ибо листья образуют интервал, равный примерно трети ширины такого листа.

У вяза листья ближе к концу его ветви, чем к началу, и ширина их мало варьирует, если смотреть на них с одной и той же точки (G, 27; T. P., 914).

Вяз всегда уходит больше в длину на последних ветвях того же года, нежели на ветвях более низких. Природа это делает потому, что более высокие ветви — те, которые должны давать рост дереву, а нижним суждено сохнуть, ибо они рождаются в тени и их возрастание явилось бы помехой для проникновения солнечных лучей и воздуха сквозь главные ветвления такого дерева.

Главные ветви, находящиеся внизу, изгибаются более, нежели верхние, ибо они более наклонны, чем эти верхние, а также потому, что они крупнее и старше, ищут воздуха и убегают от тени (G, 36).

Листья орехового дерева, распределенные по всей веточке данного года, тем дальше отстоят друг от друга и тем многочисленнее, чем моложе ветвь, на которой рождается такая веточка. И места их возникновения тем ближе друг к другу, а число их тем меньше, чем старше та ветвь, на которой веточка родилась. Плоды его рождаются на конце веточки и более крупные ветви находятся книзу от ветви, на которой они зарождаются; это обусловлено тем, что тяжесть его влаги более способна опускаться, нежели подниматься, а потому ветви, которые рождаются над ними и обращены к небу, малы и тонки. И когда веточка смотрит в небо, листья ее расходятся на ее конце равномерно своими вершинами, а когда веточка обращена к горизонту, листья располагаются плоско. Это объясняется тем, что листья вообще поворачивают к земле свою оборотную сторону.

Веточки тем мельче, чем ближе они рождаются к месту возникновения их материнской ветви (G, 28; Т. Р., 915).

Вишневое дерево имеет природу сосны в своих ветвлениях, образуемых ярусами вокруг ствола. И его ветви рождаются по четыре или по шесть друг против друга, а верхушка крайних веточек образует пирамиду от середины вверх. Ореховое же дерево и дуб образуют от середины вверх полусферу (G, 51).

О расположении листьев

Об образовании разветвлений у растений. Образование разветвлений у растений на главных их ветках такое же, как и образование листьев на стеблях того же года. Листья четырьмя способами располагаются одни над другими. Первый способ, наиболее распространенный: шестой лист, считая вверх, располагается над шестым, считая вниз. Второй — когда два третьих листа, считая вверх, располагаются над двумя третьими, считая вниз. Третий способ — когда третий лист, считая вверх, располагается над третьим, считая вниз.

Четвертый — сосна, которая образует ярусы (fa a palchi) (G, 33; ср. Т. Р., 833).

Во всех разветвлениях деревьев шестой лист, считая вверх, вырастает над шестым, считая вниз. То же самое бывает у лоз, тростников, каковы виноградная лоза, ежевика (pruno), терновник (mora) и т. д., за исключением белой матицы (vitalba) и жасмина, у которого листья посажены попарно один над другим, крест-накрест (G, 33; ср. Т. Р., 837).

О рождении листьев на ветвях. Толщина любой ветви от листа к листу всегда уменьшается лишь на толщину глазка, находящегося над листом, и этой толщины недостает тому последующему участку ветви, который продолжается до следующего листа.

Природа во многих растениях расположила листья крайних ветвей так, что шестой лист всегда находится над первым, и так далее, в той же последовательности, если правилу этому не встречается препятствий. И сделала она это к двойной выгоде растений. Первая выгода заключается в том, что при произрастании на следующий год новой ветви или плода из почки (gemella) или глазка, непосредственно прилегающего сверху к месту прикрепления листа, вода, омывающая такую ветвь, может стекать и питать эту почку, ибо капля задерживается в углублении, образуемом у места зарождения листа. А вторая выгода та, что при рождении новых ветвей на следующий год одна не прикрывает другую, так как пять ветвей вырастают обращенные по пяти различным направлениям, а шестая вырастает над первой на довольно значительном расстоянии (G, 16 об.; Т. Р., 831).

Лист всегда поворачивает свою лицевую сторону к небу, дабы смог он лучше воспринять всею своею поверхностью росу, которая медленным движением нисходит из воздуха. И эти листья распределены на своих растениях так, что один заслоняет другой сколь возможно меньше, вплетаясь один поверх другого, как видно это у плюща, покрывающего стены. И такое переплетение служит двум целям, а именно: оставить промежутки, чтобы воздух и солнце могли проникать сквозь них и — вторая причина — чтобы капли, которые падают с первого листа, могли падать также и на четвертый или на шестой других сучьев (G, 27 об.; Т. Р., 914).



Посмотри на нижнюю ветку бузинного дерева, листья которого располагаются попарно, крест-накрест друг над другом: если ствол идет прямо к небу, этот порядок никогда не нарушается. И наиболее крупные листья находятся в более толстой части ствола, а менее крупные — в более тонкой, т. е. ближе к вершине. Но, возвращаясь к нижней ветке, скажу, что листья, которые должны распола-

гаться крест-накрест, в соответствии с вышележащей веткой, испытывают понуждение закона, заставляющего их поворачивать свою лицевую сторону к небу, чтобы принимать ночную росу, а потому они, по необходимости, меняют свое положение, располагаясь уже не крест-накрест, а по кривой (G, 29).

Концы разветвлений на растениях, если их не одолевает тяжесть плодов, всегда поворачиваются к небу, насколько это возможно. Лицевые стороны их листьев повернуты к небу, чтобы принимать питание росы, выпадающей ночью.

Солнце дает растениям душу и жизнь, а земля питает их влагой. Последнее я уже проверял на опыте, оставляя у тыквы только один крошечный корешок и хорошо питая ее водой. Эта тыква полностью принесла все плоды, какие только могла, и их было около шестидесяти, самых крупных. И я усердно наблюдал эту жизнь и узнал, что ночная роса обильно проникала своей влагой через черешки широких листьев, питая растение с его детьми, или, вернее, с теми яйцами, которые должны производить его детей.

Правило расположения листьев, рожденных на последней ветке данного года: листья на двух братских ветках будут располагаться по линиям противоположных движений, т. е. по спирали, проходящей через места зарождения листьев на ветке так, что шестой лист вверху появляется над шестым внизу, и спирали эти таковы, что если на одной ветке обороты идут вправо, то на средней ветке они идут влево.

Лист есть сосок или грудь ветви или плода, рождающихся на следующий год (G, 32 об.; Т. Р., 832).

О движении соков

Если с дерева в какой-нибудь части ободрать кору, то природа, которая об этом заботится, направляет туда гораздо большее количество питательного сока, чем в другое какое место, так что из-за вышеуказанной недостачи кора там растет гораздо толще, чем в другом каком месте. И настолько сильно движется этот сок, что, попав

в место, требующее помощи, частью поднимается вверх, наподобие прыгающего мяча, просачиваясь, или, вернее, пробиваясь, так же совершенно, как кипящая вода (C. A., 76 a).

* * *

Если природа в растительных душах с движением повелела быть боли ради сохранения органов, которые могли бы движением быть уменьшены и повреждены, то растительные души без движения наталкиваться на противолежащие им объекты не должны; поэтому в растениях боль не необходима, отчего, когда их срывают, они не чувствуют, как животные, боли (H, 60).



Эта бумага должна быть намазана копотью свечи, смешанной с сладким клеем, и затем лист тонким слоем покрыт белилами на масле, как делается это с типографскими буквами, и печатать затем как обычно. И так лист будет казаться в углублениях темным и в выступах светлым, что получается здесь наоборот (C. A., 72об. a).

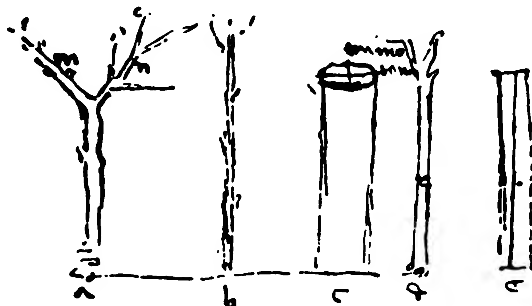
Я видел, как устраивали новые фундаменты под частью старых стен Павии, возведенных на берегах Тичино. Старые дубовые сваи были черны как уголь. Ольховые же были красны как красное дерево. Они были очень тяжелые, твердые как железо и без всякого изъяна.

Если ты хочешь забить такие сваи, сделай сначала углубление для них посредством железного стержня. Эти сваи должны быть толщиной от $^1/_3$ до $^1/_2$ локтя и длиной примерно в 2 $^1/_2$ локтя. Они должны быть дубовые (di quercia cioè uvizo) и притом из свежего дерева (B, 66).

Если хочешь сделать копье, которое не коробится, возьми его из дерева *b*; оно по своей тонкости почти целиком подойдет для копья. Из дерева *c* ты получишь только одно хорошее копье, которое никогда не покривится; его надо сделать из той части дерева,

которая обращена к северу, все другие покривятся от влаги, которая всегда движется вместе с солнцем.

Если снимешь кольцо с дерева, оно засохнет от кольца вверх, а от него вниз останется живым. И если ты сделаешь указанное



кольцо при несчастной луне и затем срубишь дерево на корню при благоприятной луне, то срубленное при благоприятной луне сохранится, а прочие испортятся.

Если ты хочешь, чтобы балка или другой какой-нибудь прямой материал не кривился, распили дерево вдоль на две части, и приставь половины противоположными концами друг к другу, хорошенько скрепив, и никогда они не будут коробиться (B, 17об.).

Живопись, изображающая качества и подразделения гористых местностей. Травы и растения будут тем более бледного цвета, чем более почва, их питающая, скудна и бедна влагой; почва бывает более бедной и скудной на скалах, из которых образованы горы. И деревья будут тем мельче и тоньше, чем ближе они к вершинам гор, а почва тем более скудна, чем ближе подходит она к указанным вершинам гор, и, наоборот, она бывает тем более тучной, чем более приближается к выемкам долин.

Вот почему, живописец, ты покажешь на вершинах гор те скалы, из которых они образованы, лишенными в большей своей части грунта, и травы, там растущие,—мелкими и тощими, в большей своей



Anemona nemorosa (W. 12423)

55 Леонардо да Винчи



Viola odorata. Pyrus (Венская академия)

части выцветшими и сухими по недостатку влаги, а землю — песчаной и тощей, проглядывающей сквозь бледные травы. И мелкие растения ты покажешь хилые и уже состарившиеся, едва достигшие ничтожных размеров, с короткими и частыми ветвлениями и с немногими листьями. Эти растения обнажают в значительной части прогнившие и сухие корни, вплетающиеся в складки и трещины ржавых скал, и вырастают они из стволов, покалеченных людьми и ветрами. Во многих местах пусть будет видно, как утесы превосходят ущелья высоких гор, будучи покрыты тонкой и бледной ржавчиной, а в других местах являют свою истинную окраску, обнажившуюся под ударом небесных молний, путь которым часто преграждают подобные утесы, что не остается без отмщения.

И чем более спускаешься ты к подножию гор, тем более растения будут становиться крепкими, тем более частыми станут их ветви и листва, и их зелень станет столь же разнообразной, сколь разнообразны виды тех растений, из которых леса образованы,— ветвления их будут различного порядка, с различной густотой ветвей и листьев, с различными очертаниями и высотой. Одни будут иметь ветвления прямые: таковы кипарис и ему подобные. Другие будут иметь ветвления разбросанные и раскинутые вширь: таковы дуб, каштан и им подобные. Одни будут иметь мельчайшие листья, другие — редкие, например можжевеловое дерево, платан и т. п. Одни растения будут произрастать группами, которые отделены друг от друга промежутками различной величины, другие — расти сплошь, без разделения лужайками или иными пространствами (Т. Р., 806).

Вели прислать тебе колосья крупной пшеницы из Флоренции (Forst. II, 38об.).



ПРИЛОЖЕНИЯ



ОТ СОСТАВИТЕЛЯ И ПЕРЕВОДЧИКА

В основу настоящего издания положены публикации рукописей Леонардо да Винчи, перечисленные на стр. 1019—1020.

При переводе я исходил из следующих принципов. По моему глубокому убеждению, дословный перевод, «калькирующий» структуру фразы оригинала, уместен лишь при параллельном издании итальянского оригинального текста (как это и было сделано, например, Равессон-Моллиеном). В других случаях он не представляется оправданным, так как излишне утяжеляет стиль и не передает характера подлинника,— свободного, как живая разговорная речь. Поэтому я считаю правомерным делить большие фразы на несколько (заменяя местоимения quello, quella соответствующими существительными и т. п.), а также не строго придерживаться передачи будущего времени, заменяя его настоящим: обилие «будет», «будут» излишне утяжеляет фразу в русском переводе по сравнению с итальянским, где формы будущего времени образуются путем соответствующих суффиксов и флексий.

В рукописях Леонардо почти отсутствует пунктуация. В переводе принята пунктуация современная. Введены абзацы, облегчающие читателю возможность следить за ходом аргументации. Введение абзацев вместе с тем позволяет в ряде случаев избежать бесконечных «и» или «но», которые у Леонардо (как и в других текстах, ему современных и более ранних) часто лишь означали переход к новой мысли, тем самым вполне соответствуя нашим абзацам (или точкам в конце предложения).

Распределение текста на странице рукописи часто обусловлено случайными причинами; недостаток места заставлял Леонардо переходить на поля или дописывать текст на верху страницы. В настоящем издании не было необходимости отражать подобные случайности. Точно так же упрощены ссылки на столь же случайно распределенные чертежи и рисунки: «верхний рисунок», «нижний рисунок» и т. п. Мы сохранили, однако, вкрапленные в текст самого Леонардо указания вроде: «переверни страницу» или «прочитай написанное на полях».

Иллюстрации даны в трояком виде. Одни воспроизводят подлинную страницу (или часть страницы) со всеми ее особенностями (зеркальное письмо и т. д.)[1]. Другие, чтобы облегчить чтение букв, дают зеркальный чертеж самого Леонардо в нормальном виде. Наконец, третьи (таковы, в частности, все схематические чертежи) перечерчены заново, так как зеркальное изображение букв и зачастую нечеткость подлинного чертежа весьма затрудняют понимание текста.

Слова, принадлежащие Леонардо, помещены в круглых ( ) скобках. В прямых скобках [ ] введены необходимые добавления и пояснения переводчика. Отточием... обозначены опущенные места текста. Пропуски в самом оригинале (незавершенные концы фраз и т. п.) обозначаются отточием в угловых скобках ⟨...⟩.

В рукописях Леонардо встречается немало перечеркнутых им самим мест. Это отнюдь не означает, что Леонардо отказался от высказанных им мыслей. Часто это означает лишь, что он перенес написанное в другие (по большей части не дошедшие до нас) рукописи. Подобные перечеркнутые тексты даны в настоящем издании петитом.

В конце каждого отрывка приводится сокращенное обозначение рукописи, из которой он почерпнут. Расшифровку сокращений читатель найдет на стр. 1021—1023. Лицевая сторона листа обозначает-

[1] В отдельных случаях (например, в разделе «О летании и движении тел в воздухе») буквы зеркальных чертежей заменены более четкими, в их обычном начертании, с сохранением зеркального расположения самого чертежа.

ся соответствующей цифрой без всяких дальнейших обозначений. Оборотная сторона — цифрой с добавлением сокращенного обозначения «об.». В «Атлантическом кодексе» на один лист иногда наклеено несколько страничек — они обозначаются добавочной буквой латинского алфавита: a, b, c, d.

Диспаратность и фрагментарность отрывков Леонардо ставит перед комментатором особые задачи. Уже в расположении отрывков мы старались отчасти показать те внутренние логические связи, которые объединяют на первый взгляд разрозненные фрагменты. Основная цель комментария — продолжить решение той же задачи: показать связи между отдельными отрывками. Вот почему наибольшая часть комментария написана в форме связного обзора и дает характеристику основных направлений леонардовской мысли в той или иной научной отрасли. Что же касается отдельных разъяснительных замечаний, то они сведены до минимума и помещены вслед за указанными обзорами. Нас завело бы слишком далеко детальное исследование источников Леонардо или истолкование его высказываний в свете последующего развития естествознания.

Другой важнейшей задачей комментария является разъяснение своеобразия научной терминологии Леонардо, особенности которой переводчик старался по возможности сохранить.

Наконец, диспаратность отрывков и вместе с тем та тесная связь, которая существует между деятельностью Леонардо да Винчи в различных областях естествознания, вынуждали комментатора уделять особое внимание перекрестным ссылкам, позволяющим внести известный корректив к неизбежно условному распределению фрагментов, — ведь зачастую те же самые отрывки с одинаковым правом могли бы быть отнесены к разным разделам настоящего сборника.

В помещенных текстах встречаются следующие единицы измерения. Основной единицей длины у Леонардо является флорентийский локоть (braccio), в переводе на метрическую систему равный ~60 см. 3000 локтей составляют милю. Локоть равен двум ладоням или

пядям (palmi), пядь—12 унциям[1]. В качестве меры площади у Леонардо упоминается (стр. 398) staioro («четвертина»), т. е. участок, который можно засеять staio (четвериком) зерна. Для измерения веса Леонардо пользуется фунтом, равным 340 г, который делится на 12 унций или 288 динаров (6912 гранов). Миланский сольдо, упоминаемый у Леонардо в качестве денежной единицы, делился на 12 динаров; 20 сольди составляли лиру. В качестве мельчайшей единицы времени Леонардо пользуется $\frac{1}{1080}$ часа, которую именует «музыкальной стопой» (tempo musicale), или «гармоническим делением времени» (tempo armonico). Ср. стр. 807.

---

[1] В отрывке А, 20об. (стр. 755), Леонардо говорит о «величине нити (filo)». Повидимому, здесь эта величина является определенной единицей измерения, так как у Тосканелли имеется следующая метрологическая запись: «Градус содержит 68 миль без $^1/_?$, миля —3000 локтей, локоть — 2 пяди, пядь — 12 унций, 7 нитей (fili)». Цит. по M. Baratta, Leonardo da Vinci ed i problemi della terra. Torino, 1903, стр. 52.



В. П. ЗУБОВ

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ И ЕГО ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ

Творчество Леонардо да Винчи многогранно и разнообразно в своем целом. Художник, архитектор, скульптор, инженер, ученый, мыслитель — таковы основные аспекты его творческой деятельности. Многогранно в свою очередь и творчество Леонардо-ученого. «Леонардо да Винчи был не только великим художником, но и великим математиком, механиком и инженером, которому обязаны важными открытиями самые разнообразные отрасли физики»[1]. Так писал Фридрих Энгельс в 1875—1876 гг., когда научное наследие Леонардо в значительной мере еще не было опубликовано. Последующие публикации полностью подтвердили характеристику Энгельса. Вместе с тем ближе стали известны не только физико-математические записи Леонардо, но и его замечательные труды в области астрономии, геологии, ботаники, анатомии человека и животных[2].

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. 1950, стр. 4.

[2] Напомним, что кодекс Лестера, содержащий наибольшее число записей Леонардо по геологии, был опубликован лишь в 1907 г., издание анатомических рукописей началось лишь в 1898 г., а парижские рукописи, содержащие наиболее значительные записи Леонардо по астрономии (и отчасти ботанике), публиковались в 1881—1891 гг. В первый раз сколько-нибудь полные выдержки из всех указанных рукописей были напечатаны Ж.-П. Рихтером в 1883 г. См. дальше, стр. 917.

Судьба Леонардо-ученого трагична. Он принадлежит к числу тех гениев, научное наследие которых стало известно и в целом и в деталях лишь долгое время спустя после их смерти. Лишь в отдельных случаях можно проследить непосредственное влияние идей Леонардо на последующее развитие науки. Но именно в свете дальнейшего развития выяснилось все величие его гения: наука последующих веков заново открывала то, к чему приближалась мысль Леонардо — ученого и изобретателя. Современники не могли оценить его должным образом. Без преувеличения можно сказать, что только в наши дни это сделалось возможным.

Леонардо-живописца прославляли на протяжении столетий. Уже младшие его современники называли великого итальянского художника «дивным», «божественным», «небесным». Иное дело — Леонардо-ученый. Правда, биографы (например, Вазари) говорили о разносторонних талантах Леонардо да Винчи. Но все-таки в конце концов они говорили о разносторонности живописца. Научное наследие Леонардо оставалось неизвестным и неоцененным во всей полноте.

Весьма показательно суждение знаменитого Джироламо Кардано в его сочинении «О тонких материях». О работах Леонардо по авиации мы находим здесь всего-навсего следующие немногие строчки: «Попытка изобрести летательный прибор, сделанная недавно двумя людьми, кончилась прескверно. Винчи, о котором мы говорили выше, сделал такую попытку, но тщетно»[1]. И Кардано добавляет: «Он был отменный живописец»[2].

Крупнейшие открытия Леонардо да Винчи были заживо похоронены в рукописях, написанных трудно читаемым зеркальным пись-

---

[1] Это другое упоминание о Леонардо приводится нами дальше (стр. 1006) в другом контексте. Второй человек у Кардано по имени не назван.

[2] H. Cardanus. De subtilitate. Norimbergae, 1550 (стр. 816 по базельскому изданию 1582 г.): «Volandi inventum, quod nuper tentatum a duobus, illis pessime cessit: Vincius de quo supra diximus, tentavit et frustra. Hic pictor fuit egregius». В другом месте (в предисловии к «Анатомии» Мондино, Cardani Opera, t. X, Lungduni, 1663) Кардано назвал Леонардо «чистым живописцем» (purus pictor), отказывая ему в звании медика и философа.

мом. Законы сопротивления материалов, которые изучал Леонардо, позднее, независимо от него, изучал Галилей. Законы трения только в конце XVII и в XVIII в. стали вновь предметом внимания ученых. Коммандино и Мауролико в XVI в., независимо от Леонардо, продолжали заниматься определением центров тяжести тел. Похороненными в рукописях остались мысли Леонардо о гелиоцентрической системе мира, перекликающиеся с идеями его младшего современника, гениального Коперника. Пепельный свет луны, правильно им объясненный, был в XVII в. так же объяснен немецким астрономом Местлином, который сделал это открытие общим достоянием ученых. Тогда же привлекли внимание ботаников законы листорасположения, которые исследовал уже Леонардо. Идеи великого итальянца в области геологии намного опередили его время. То же самое относится к большому числу изобретенных им машин, которые не нашли применения в мануфактурно-ремесленный период и которые позднее были изобретены заново. Смелые технические замыслы Леонардо не получили осуществления в его время. Научные работы его были надолго забыты. Рукописи распылились, частично погибли. Леонардо не оставил учеников, не оставил школы. И тем не менее именно Леонардо является одним из основоположников нового экспериментального естествознания. Своей борьбой он подготовил почву для его дальнейшего развития, в своих исследованиях наметил те пути, по которым пошло естествознание XVI—XVII вв. Естествоиспытатели последующих столетий, независимо от Леонардо, продолжали то, что он начал. Леонардо сродни Копернику, Бруно, Галилею. Большие научные проблемы, им поставленные, были именно те, которые выдвинула история и которые предстояло решить совместными усилиями ученых разных стран.

Леонардо жил в эпоху, когда закладывались основы современного экспериментального естествознания. Рушились вековые догмы и авторитеты. Старая схоластическая наука находилась в состоянии полнейшего кризиса, продолжая тем не менее упорно цепляться за мертвое и отжившее. Рост городской культуры, успехи техники и производства, развитие мореплавания и расширение торговых

связей, облегчившее, по выражению Энгельса, «импорт изобретений с Востока»[1],— все эти причины способствовали накоплению множества новых фактов в самых различных областях механики, физики, химии. В результате развития промышленности наука к середине XV в. получила совершенно иные, чем раньше, средства для экспериментирования, получила возможность конструировать ранее неизвестные инструменты. На очереди стояло обобщение добытых фактов, объединение их в стройную научную систему[2].

Характеризуя исторический период, начавшийся со второй половины XV в., период, когда были заложены основы современного естествознания, Ф. Энгельс писал: «Это был величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру...»[3].

Леонардо родился в селении Анкиано около городка Винчи между Флоренцией и Пизой. Точная дата его рождения лишь сравнительно недавно установлена на основании документа, найденного в одном из архивов Флоренции. А именно, в дневнике деда Леонардо, Антонио да Винчи, имеется следующая запись: «1452 года родился у меня внук от сера Пьеро, моего сына, 15 апреля, в субботу, в 3 часа ночи. Получил имя Леонардо...». Так как счет ночных часов

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 150.

[2] Нельзя не напомнить здесь следующих слов Энгельса из введения к английскому изданию его труда «Развитие социализма от утопии к науке»: «..Вместе с расцветом буржуазии шаг за шагом шел гигантский рост науки. Возобновились занятия астрономией, механикой, физикой, анатомией, физиологией. Буржуазии для развития ее промышленности нужна была наука, которая исследовала бы свойства физических тел и формы проявления сил природы. До того же времени наука была смиренной служанкой церкви, и ей не позволено было выходить за рамки, установленные верой: короче — она была чем угодно, только не наукой. Теперь наука восстала против церкви; буржуазия нуждалась в науке и приняла участие в этом восстании» (К. Маркс и Ф. Энгельс. Избранные произведения в двух томах. Т. II, М., 1948, стр. 93).

[3] Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 4.

велся от захода солнца, то время рождения приходится примерно на 22 ч. 30 м. 14 апреля.

Леонардо был внебрачным сыном зажиточного нотариуса, окончательно переселившегося со своею семьею из Винчи во Флоренцию в конце 1460-х годов. Еще раньше, в 1456 г., четырнадцатилетний Леонардо был отдан в обучение к известному флорентийскому живописцу и скульптору Андреа Вероккьо (1436—1488). Во Флоренции сложились его интересы, здесь были накоплены его первые знания.

Флоренция того времени была большим промышленным городом, в котором получили широкое развитие различные отрасли промышленной техники. Мастерские ювелиров, живописцев, скульпторов стали своего рода лабораториями, где проводились разнообразные технические эксперименты. Потребность в сближении техники и науки давала о себе знать все более настойчиво.

Показательна в этом отношении сорокалетняя дружба знаменитого скульптора и архитектора Филиппо Брунеллеско (1377—1446) с математиком, астрономом и медиком Паоло даль Поццо Тосканелли (1397—1482). По свидетельству Вазари, Тосканелли обучал Брунеллеско математике. С другой стороны, «хотя Филиппо и не был человеком книжным, он, благодаря природному дару практического опыта (con il naturale della pratica esperienza), давал такие правильные объяснения, что нередко ставил того [т. е. Тосканелли] втупик»[1]. Брунеллеско практически разрешал сложные вопросы статики, гидравлики и баллистики. Венцом его технического гения была постройка знаменитого купола Флорентийского собора. И вместе с тем Брунеллеско написал недошедшие до нас трактаты по математике, механике, прикладной оптике.

Вопросами теории не случайно занимался и младший современник Брунеллеско — скульптор Лоренцо Гиберти (1381—1455), автор

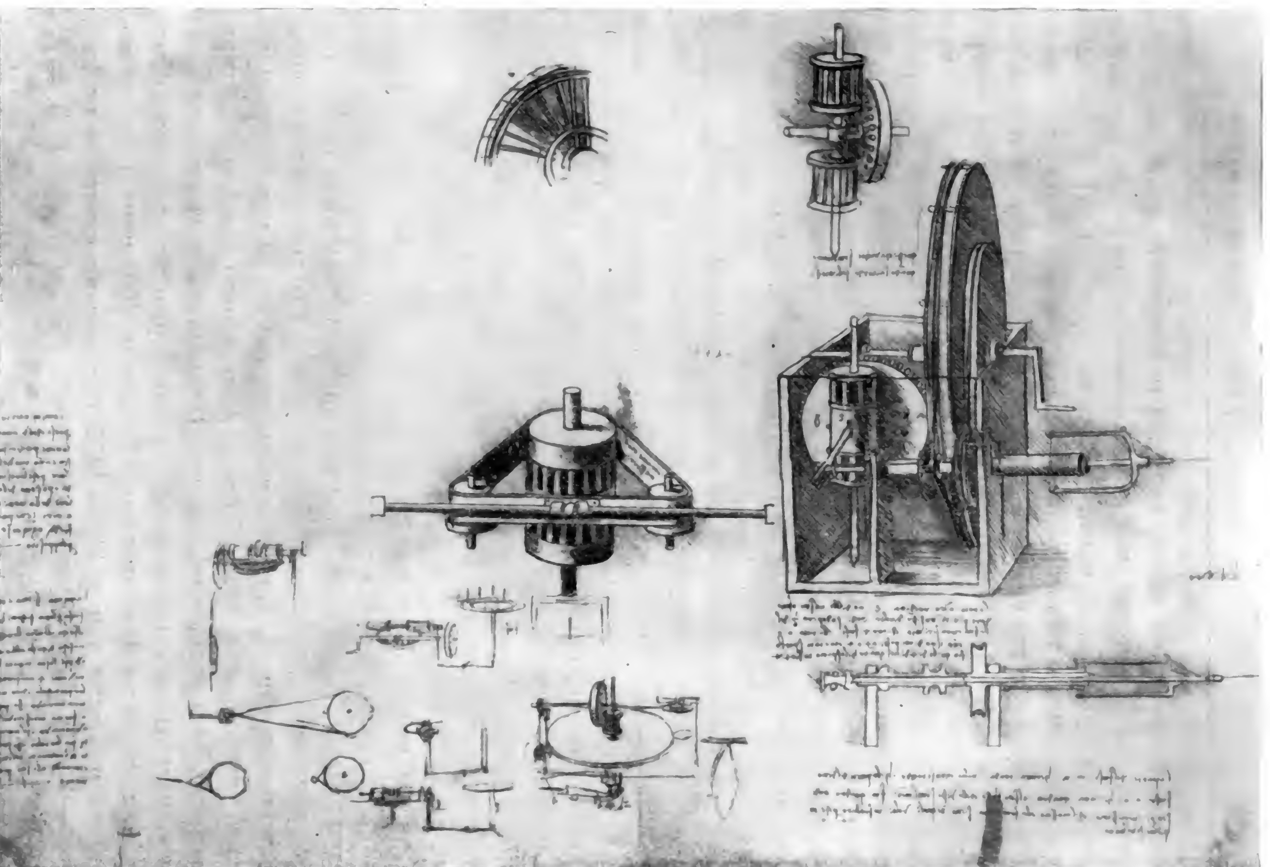
[1] Дж. Вазари. Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих. М.—Л., 1933, т. I, стр. 267. Дальше цитируется сокращенно: Вазари.

знаменитых дверей флорентийского баптистерия. В сочинении, озаглавленном «Комментарии» и написанном им к концу жизни, Гиберти привлек вопросы математики, оптики, анатомии для решения практических задач своего искусства.

Когда юный Леонардо поселился во Флоренции, уже не было в живых ни Брунеллески, ни Гиберти, но свежа была память о них. Перед глазами всех был купол собора Санта Мариа дель Фиоре, законченный совсем незадолго до того (в 1467 г. были сняты леса с фонаря, его венчающего). Это выдающееся произведение зодчества на столетия определило силуэт всего города. Традиции ремесленных мастерских (боттег) попрежнему были живы. Таким же мастером-экспериментатором, как Брунеллески и Гиберти, был учитель Леонардо Андреа Вероккьо (1436—1488), ваятель, живописец, музыкант и ювелир. В его мастерской разрабатывались теоретические вопросы перспективы, совершенствовалась техника масляной живописи. Другой художник, Антонио Поллайоло (1429—1498), мастерская которого находилась рядом с мастерской Вероккьо, производил рассечения трупов, чтобы изучить мускулы и суставы,— ту область, которая была наименее изучена профессионалами-анатомами и в знании которой наиболее нуждались художники, стремившиеся правдиво изобразить человеческое тело. Прилежно изучал анатомию в те же годы флорентийский художник Беноццо Гоццоли (1420 — ок. 1497).

В общении с такими мастерами-экспериментаторами, наблюдателями, исследователями рос и развивался гений молодого Леонардо. Близость к Тосканелли еще более расширяла его горизонты. Под влиянием Тосканелли Леонардо, видимо, впервые заинтересовался вопросами астрономии и космографии.

В 1472 г. Леонардо кончил обучение у Вероккьо и был записан в цех флорентийских художников. Но его интересы уже тогда не ограничивались живописью. По словам Вазари, «он был первым, кто еще юнцом поставил вопрос о том, как использовать реку Арно, чтобы соединить каналом Пизу и Флоренцию». «Он делал рисунки мельниц, сукновальных машин и приборов, которые можно было



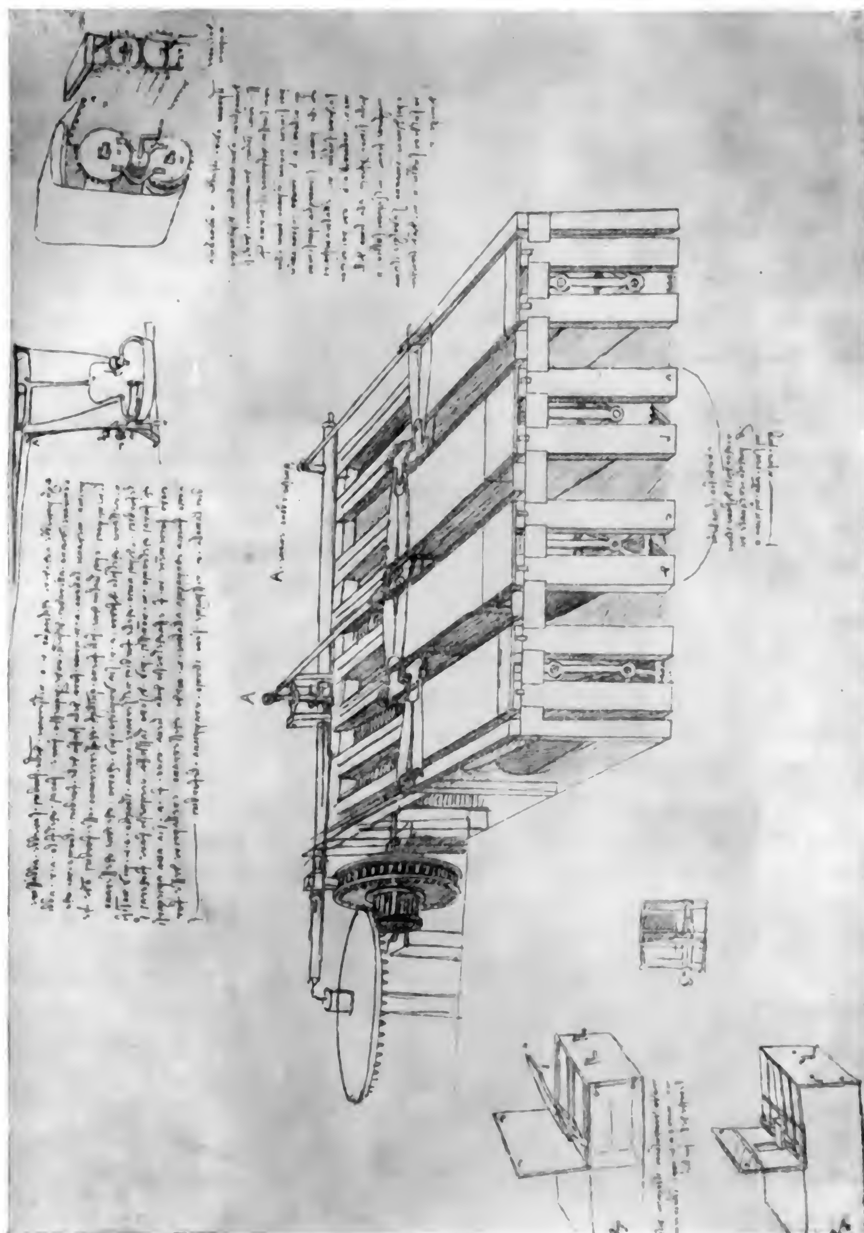
Прялка Леонардо да Винчи (С. А. 393об. а)

пускать в движение силой воды... Он ежедневно делал модели и чертежи, показывающие, как с легкостью сносить горы и прорывать сквозь них туннели, от одной долины к другой, и как при помощи рычагов, кранов и винтов подымать и передвигать большие тяжести, а также как осушать гавани и отводить трубами воду из низин, ибо его мозг никогда не прекращал своих выдумок» [1]. Если даже неверно указание, что Леонардо уже в юности поставил вопрос о канале между Пизой и Флоренцией, и если дальнейшие слова Вазари не относятся всецело к первому флорентийскому периоду жизни Леонардо, тем не менее совершенно бесспорно, что именно Флоренция дала Леонардо первый стимул к техническому творчеству. Изобретение им машин для прядения и крутки шелка, для обработки сукна более чем определенно указывает именно на Флоренцию — в то время центр итальянской шелковой и шерстяной промышленности.

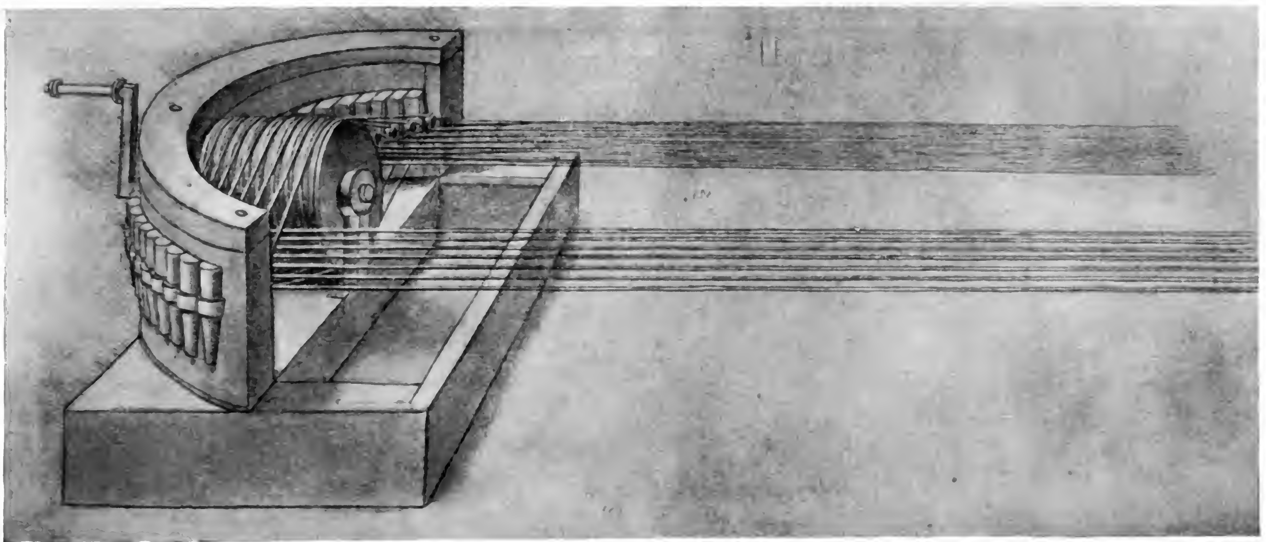
Тем не менее политические обстоятельства не благоприятствовали выдвижению Леонардо. В 1469 г., т. е. примерно тогда, когда семья Пьеро да Винчи переселилась во Флоренцию, у власти стал Лоренцо Медичи, прозванный Великолепным. Род Медичи разбогател в XIV—XV вв. путем торговых и банковских операций. Теперь, в лице Лоренцо, он мало уделял внимания поднятию промышленности и торговли. Лоренцо любил роскошь, блестящие и пышные празднества, парады, турниры. Он покровительствовал поэтам и философам, сам писал стихи. При нем расширилась Платоновская академия, в которой культивировалась ставшая модной платоническая и неоплатоническая философия. В этой придворной ученой среде Леонардо должен был чувствовать себя чужим. Его материальное положение было трудным. Так, мы знаем, что ему «из-за нужды пришлось производить окраску часовой башни Сан Донато золотом и ультрамарином». Да и вообще положение художников в те времена было незавидным. Вазари рассказывает, например, о том, как относились монахи монастыря Пассиньяно к Давиду и Доменико Гирландайо, когда те работали там в 1476—1477 гг.: монахи смотрели на них,

---

[1] Вазари, т. II, стр. 91—92.



Проект машины для обработки сукна (С. А. 397а)



Машина для кручения ниток (С. А. 2об. а)

как на простых ремесленников, «чернорабочих» и кормили их объедками с монастырского стола[1].

По давней средневековой традиции живопись не входила в число «свободных», т. е. «благородных», искусств. Она причислялась к искусствам «механическим», т. е. стояла наряду с ремеслами, и живописцы не выделялись из среды прочих ремесленников. При дворе Медичи господствующее положение занимали литераторы, поэты, философы: в новом обличии сохранялось старое унизительное отношение к художникам.

Леонардо горячо восставал против подобной оценки живописи. «Вы поместили живопись среди механических искусств. Конечно, если бы живописцы были так же способны восхвалять в писаниях свои произведения, как и вы, я полагаю, она не осталась бы со столь низким прозвищем. Если вы называете ее механической на том основании, что она прежде всего выполняется руками, ибо руки изображают находимое ими в фантазии, то вы, писатели, руками посредством пера рисуете находящееся в вашем разуме. И если вы назовете ее механической потому, что она выполняется за плату, то кто впадает в такую ошибку — если это может называться ошибкой — больше вас? Если вы читаете, обучая других, то разве не идете вы к тому, кто больше вам платит? Исполняете ли вы хоть одно произведение без какой-либо платы? Впрочем, говорю я это не для того, чтобы подобные мнения порицать, так как всякий труд рассчитывает на плату» (В. N. 2038, 19об.).

Живопись, по Леонардо, не «механическое ремесло», а «наука». Она — «законная дочь природы, ибо она порождена природой» (В. N. 2038, л. 20; Т. Р., 12). Живопись основана на «благороднейшем» из чувств — зрении, которому Леонардо слагал восторженные дифирамбы. Живопись, как одно из высших средств познания, органически сливается с наукой, ибо и наука в конечном итоге основана на чувственном, зрительном познании окружающего мира.

Те «похвалы глазу», которые содержит «Трактат о живописи»,

[1] Вазари, т. II, стр. 29.

в сущности — не что иное, как похвалы чувственному опыту, который раскрывает перед художником и ученым все богатство видимого мира. «Что́ побуждает тебя, о человек, покидать свое жилище в городе, оставлять родных и друзей и уходить в поля через горы и долины, что́, как не природная красота мира, которой, если хорошенько вдуматься, ты наслаждаешься единственно посредством чувства зрения» (Т. Р., 23). Глаз «является начальником астрономии, он создает космографию, именно он дает советы всем человеческим искусствам и исправляет их, он движет человека в различные части мира, он государь математических наук, его науки — достовернейшие» (Т. Р., 28). В этом смысле следует понимать слова Леонардо о том, что наука астрономии «рождается от глаза» и возникает «благодаря ему» (Т. Р., 17). Конечно, не глаз создает с о д е р ж а н и е науки астрономии; но без глаза, т. е. без чувственного опыта, невозможна эта наука, как и всякая другая наука. Нельзя не вспомнить леонардовское сравнение глаза с о к н о м, чрез которое человек созерцает в н е е г о находящиеся предметы (В. N. 2038, 19; Т. Р., 28; см. стр. 642—643)[1].

В записях Леонардо встречаются гневные строки, направленные против «трубачей и пересказчиков чужих произведений», чванных и напыщенных, гордящихся своим книжным образованием (С. А., 117; С. А., 119об. а). Они украшают себя чужими трудами, хвалятся своим уменьем цитировать древних авторов, видя в Леонардо «человека без книжного образования» (senza lettere). Они не знают, что Леонардо черпает из опыта, «наставника их наставников», «наставника тех, кто хорошо писал», что его знания — плод собственного ви́дения, основанного на опыте и эксперименте (стр. 13 и 25).

«Они» — это те гуманисты, которые в преклонении перед античными авторами отгородились от живой действительности и замкнулись в «огороженном саду» искусственной литературы[2].

---

[1] Здесь и дальше ссылки на страницы без других указаний имеют в виду страницы настоящего издания.

[2] Когда говорят об итальянском гуманизме, часто не различают два значения этого слова, а отсюда — неясности в суждениях и оценках. Дело

Отсюда ясно, что Леонардо не мог удовлетвориться положением придворного живописца. Более того, Леонардо-изобретатель, Леонардо-техник не мог удовлетвориться одним лишь созерцанием действительности. Его влекли деятельность, неустанное экспериментирование. Естественно взоры его от Флоренции обратились к Милану.

Милан в те времена был одним из богатейших городов Италии. С 1479 г. у власти находился там Лодовико Сфорца, по прозванию Моро[1]. К его двору, как и к двору Медичи, стекались поэты, гуманисты, ученые,— «словно пчелы на мед», по выражению современника. Но характер ученой среды в Милане был несколько иной, чем во Флоренции. Здесь бо́льшим весом пользовались математические и естественные науки, в этом сказывалась близость Павийского университета.

Если Флоренция была по преимуществу городом текстильной промышленности, то Милан был городом оружейников, ремесленников, занятых обработкой металла. Миланские герцоги уделяли много внимания инженерии, но внимание это было продиктовано в первую очередь военными интересами.

Около 1482 г. Леонардо обратился к Лодовико Моро с письмом, в котором предложил ему свои услуги в качестве инженера (стр. 28—30). В эти годы Милан, находившийся в союзе с Феррарой, вел войну с Венецией. Девять пунктов письма Леонардо посвящены военным изобретениям, именно они должны были особенно заинтересовать

в том, что если возможно говорить о Леонардо да Винчи как о гуманисте в нынешнем (общераспространенном) значении этого слова, то в XV в. слово humanitas имело еще другой смысл и «гуманистам» в этом втором значении Леонардо был глубоко чужд. Следуя Авлу Геллию («Аттические ночи», XIII, 17), «гуманисты» такого рода усматривали существо «человечности» (humanitas) в культивировании «благородных» или «хороших» искусств, т. е. в деятельности на поприще так называемых «гуманитарных наук», в первую очередь классической филологии, отгораживаясь от «непросвещенной черни».

[1] «Моро» по-итальянски означает шелковичное (тутовое) дерево. Это прозвище было дано Лодовико придворными льстецами и поэтами на том-де основании, что шелковичное дерево долго собирается с силами, но зато дает быстро созревающие плоды.

миланских правителей. Но в последнем 10-м пункте своего письма Леонардо писал: «Во времена мира считаю себя способным никому не уступить как архитектор в проектировании зданий, и общественных и частных, и в проведении воды из одного места в другое. Также буду я исполнять скульптуры из мрамора, бронзы и глины. Сходно и в живописи — все, что только можно, чтобы поравняться с всяким другим, кто бы он ни был».

Так произошло переселение Леонардо в Милан и начался богатый творческими событиями миланский период его жизни (1483—1499). Леонардо был зачислен в состав коллегии инженеров герцога (ingenarii ducales). Он выступает в Милане как военный инженер, архитектор, гидротехник, скульптор, живописец. Но характерно, что в документах этого периода он именуется сначала «инженером», а потом «художником».

Как я уже сказал, ученая атмосфера Милана более благоприятствовала математическим и естественнонаучным занятиям, чем Флоренция с ее гуманистическими и гуманитарными вкусами. Одного опыта ремесленных мастерских для Леонардо теперь было мало. В Милане он соприкоснулся с университетской наукой, с аристотелианскими научными традициями, не в чисто схоластической средневековой форме, а с традициями, значительно обновленными под воздействием новых веяний, характерных для периода Возрождения. В Милане жил в то время физик-гуманист Джорджо Валла (1447—1500), автор обширной энциклопедии, прилежно изучавший тексты античных математиков, тексты Аристотеля и Галена. В Милане жил богатый юрист Фацио Кардано, отец знаменитого математика и медика. Он проявлял живой интерес к естествознанию, занимался изучением Евклида, издал сочинение по оптике («Perspectiva communis») Джона Пекама[1]. У Леонардо мы встречаемся

[1] Perspectiva communis d. Johannis archiepiscopi Cantuariensis. Mediolani, около 1480. Экземпляр этого издания имеется в Гос. Публичной библиотеке им. Салтыкова-Щедрина в Ленинграде. Сочинение было хорошо известно Леонардо, как показывает сделанный им итальянский перевод отрывка из предисловия (C. A., 203 a).

с такой записью: «Попросить мессера Фацио показать тебе «О пропорциях»» (стр. 27). В Милане жили, наконец, сыновья медика, философа и математика Джованни Марлиани, профессора Павийского университета (ум. в 1483 г.). Они сами были математиками и врачами и хранили рукописи своего отца. Леонардо занес в свою тетрадь: «Алгебра, которая находится у семьи Марлиани и написана их отцом» (стр. 26).

В Милане Леонардо общался с инженером и философом Пьетро Монти, автором книги «О распознавании людей» («De dignoscendis hominibus»). В этой книге Монти защищал экспериментальный метод и горячо ратовал против слепого доверия к авторитетам. Позднее (в начале XVI в.) он издал две книги по военному делу. Леонардо записал: «Поговори с Пьетро Монти о подобных способах пускать стрелы» (стр. 261).

В Милане Леонардо сблизился также с Лука Пачоли, или, как он сам себя именовал, Лука ди Борго Сан Сеполькро (ок. 1445 — ок. 1514). Пачоли принадлежит «Сумма об арифметике, геометрии, пропорциях и пропорциональностях», изданная в Венеции в 1494 г. Он считается «отцом бухгалтерии», которой посвящен особый раздел в только что указанной книге. В Милан Пачоли прибыл в 1496 г. Леонардо записывает: «Научись умножению корней у маэстро Луки» (стр 26), «Попроси брата из Борго показать тебе книгу «О весах» (С. А., 90об.). Несколько позднее Пачоли написал книгу «О божественной пропорции», для которой Леонардо сделал иллюстрации[1]. «Божественная пропорция» — так называемое «золотое сечение», которое интересовало художников и архитекторов того времени[2]. В первой части книги изложена теория «золотого сечения», во

[1] Напечатана в Венеции в 1509 г.

[2] Напомним, что «золотое сечение», или «деление в крайнем и среднем отношении», есть частный случай геометрической пропорции, а именно:

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} \text{ при } a > b,$$

т. е. целое так относится к своей большей части, как бо́льшая — к меньшей.

второй — теория правильных многогранников (в которой, как известно, находит применение «золотая пропорция»). Последняя, третья часть является трактатом по архитектуре. «Из всех истинных наук, как утверждают Аристотель и Аверроэс, наши математические науки наиболее истинны и имеют первую степень достоверности, и им следуют все остальные естественные науки». Эти слова Пачоли созвучны с афоризмом Леонардо: «Никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой» (стр. 12). В том же контексте следует вспомнить и требование Леонардо: «Пусть не читает меня тот, кто не является математиком» (стр. 12).

В 1487—90 гг. Леонардо принимал участие в конкурсе на постройку купола Миланского собора. Как показывают его наброски и записи, он особенно интересовался в эти годы проблемами купольного перекрытия, готовя материал для архитектурного трактата. На этой почве Леонардо сблизился с знаменитым зодчим Браманте, который работал в то время в Милане. К миланскому периоду жизни Леонардо относится ряд его заметок по строительной механике — по теории арки и сводов [1]. Леонардо теоретически и экспериментально разрабатывает вопросы о сопротивлении материалов, являясь в этом отношении предшественником Галилея [2]. Позднее им были задуманы особые трактаты о трещинах в стенах и средствах предотвращения их [3].

В области гидротехники Леонардо разрабатывал проблемы орошения Ломеллины — бесплодной области около Милана, где находились поместья Моро (1494).

Так же, как и во Флоренции, Леонардо приходилось растрачивать свою техническую изобретательность на декоративные пышные празднества и затеи. В 1487 г. в честь свадьбы племянника Моро, Джан-Галеаццо, с дочерью неаполитанского короля, Изабеллой

[1] Эти заметки сгруппированы нами на стр. 328—335.

[2] См. стр. 201—221.

[3] См. стр. 324.

Аррагонской, Леонардо, по отзыву современника, «с великим искусством и изобретательностью» устроил «парадиз» — рай, где небо было представлено в виде колоссального круга. Божества каждой планеты описывали предначертанные им пути и с пением стихов появлялись перед невестой. В 1491 г. к свадьбе самого Моро Леонардо была поручена организация грандиозных «джостр» — состязаний на копьях; для этого празднества он придумывал костюмы и декорации.

Но и в этих случаях Леонардо не покидали глубокие мысли ученого-наблюдателя. Устройство вертящейся сцены дало повод для размышлений о законах механики, для их практической проверки. И не вспоминал ли Леонардо миланский «парадиз», когда позднее писал: «Механика есть рай математических наук,— посредством нее достигают математического плода» (стр. 84). «Математическим плодом» была в глазах Леонардо практика, техника, поверяющая теоретические законы. Точно так же не во время ли миланских «джостр» были сделаны наблюдения над механикой человеческих движений?[1]

В качестве живописца Леонардо работал в миланский период над знаменитой «Тайной вечерей» для монастыря Санта Мариа делле Грацие. Известно, что в этой своей живописной работе, как и во многих других, он производил эксперименты с красками, пагубно отразившиеся на сохранности произведения.

Трагедия творчества Леонардо — несоответствие между его грандиозными замыслами и реальными возможностями — особенно ярко иллюстрируется его многолетней работой над конной статуей Франческо Сфорца, при проектировании которой ему пришлось разрешать ряд сложных и разнообразных технических задач. В цитированном письме к Моро Леонардо писал: «Смогу приступить к работе над

[1] «Тот, кто участвует в джострах, когда он берет копье за рукоять (mette la lancia in resta), перемещает центр своей тяжести к передней части коня» (А, 32об.) «.. подобно тому, как участвующий в джостре, стоя неподвижно, делает неподвижным нападающего, причем неподвижный принимает движение от того, кто теперь стал неподвижным» (С. А., 241 а).

бронзовой конной статуей, которая будет бессмертной славой и вечной честью блаженной памяти отца вашего и славного дома Сфорца». Сооружение конной статуи Франческо Сфорца было задумано правителями Милана еще в 1473 г., до приезда Леонардо. Свои работы он начал вскоре же после приезда в Милан и продолжал их 16 лет. В его рабочих тетрадях мы находим эскизы лесов, подъемных приспособлений, описание приемов литья. Повидимому, в связи с этими работами стоит неоконченная взволнованная запись в «Атлантическом кодексе» (216 об. b.): «Скажи мне, скажи мне, было ли когда-нибудь сооружено что-либо подобное в Риме...». Высота статуи проектировалась в 12 локтей (ок. семи метров), на памятник должно было пойти 200 000 фунтов меди.

Но работа все затягивалась и затягивалась как по вине самого Леонардо, намечавшего все новые варианты и новые эксперименты, так и в результате неблагоприятных политических условий. Лодовико Моро писал в 1489 г.: «Хотя я поручил это дело Леонардо да Винчи, я не думаю, чтоб он смог выполнить его». В 1493 г. глиняная модель статуи была поставлена на городской площади по случаю бракосочетания племянницы Моро Марии Бьянки с императором Максимилианом, но самая статуя никогда не была отлита. Большая партия бронзы, предназначенная для отливки статуи, была продана феррарскому герцогу, союзнику Милана, для изготовления артиллерийских орудий. В одном из своих просительных писем к Моро, относящихся к 90-м годам, Леонардо писал: «О коне я ничего не скажу, ибо знаю, какие стоят времена» (С. А., 335об.).

В Милане Леонардо начал исследования и в таких областях, где он всецело был предоставлен самому себе и на которые он не получал никакой субсидии меценатов. Уже в рукописях этого петиода появляются заметки, посвященные авиации, рисунки и черрежи летательных приборов. Описание одного летательного прибора сопровождается указанием: «Этот прибор ты испытаешь над озером и наденешь в виде пояса длинный мех, чтобы при падении не утонуть» (стр. 605).

Миланский период жизни Леонардо закончился катастрофой. В результате непрерывных династических войн летом 1499 г. французские войска вторглись в Миланскую область и осенью город был взят. Моро бежал. В начале следующего года герцогу ненадолго удалось вернуться в Милан, но в апреле он был взят в плен, отправлен во Францию, где и умер, протомившись в заключении десять лет. Лаконичная запись Леонардо гласит: «Герцог потерял государство, имущество, свободу и ни одно из его дел не было им закончено» (L, обложка).

Остались недоведенными до конца и наиболее крупные замыслы Леонардо. Глиняная модель конной статуи была расстреляна потехи ради гасконскими стрелками Людовика XII. В конце 1499 г. Леонардо и его друг Лука Пачоли покинули Милан и через Мантую направились в Венецию.

В апреле 1500 г. мы застаем Леонардо в его родном городе Флоренции. Начинается второй флорентийский период его жизни, продолжающийся до середины 1506 г., если не считать краткого перерыва, когда Леонардо находился на службе у Чезаре Борджа (о чем мы скажем несколько позднее). Лица, встречавшие Леонардо в начале этого периода и заинтересованные в его работе как живописца, жаловались, что усиленные занятия геометрией и «математическими экспериментами» отвлекли его от живописи настолько, что он «не может выносить кисти». Но для своих научных и технических начинаний Леонардо не мог найти точки приложения во Флоренции. Положение флорентийской промышленности к тому времени пошатнулось. Богатые флорентийские купцы и промышленники все более проявляли тенденцию вложить накопленные капиталы в землю. Леонардо не находил для своих изысканий и экспериментов богатого мецената-покровителя. В среде флорентийской интеллигенции усиливались мистические, идеалистические течения. Мистической экзальтацией был охвачен Ботичелли; другой живописец, фра Бартоломео делла Порта, ушел в монастырь.

Леонардо долго и упорно размышлял о регулировании реки Арно, орошающей земли Флоренции. Количество воды в этой реке сильно

варьировало в разное время года: разрушительные разливы в периоды дождей и таяния горных снегов сменялись мелководьем и почти полным высыханием притоков. В средние века делались неоднократные попытки предотвратить гибельные действия разливов, однако все они носили местный характер. Дальновидный ум Леонардо охватил проблему в ее целости. Леонардо исследовал рельеф и особенности территории на большом протяжении Арно (об этом свидетельствуют изготовленные им карты). Он намечал прорытие каналов, устройство шлюзов и водохранилищ. Он подсчитывал стоимость отдельных работ, а его неистощимая конструкторская изобретательность создавала все новые проекты кранов, землечерпалок и других машин. Леонардо писал в своих заметках: «Урегулировать Арно вверху и внизу. Любой желающий получит сокровище с каждой четвертины земли» (стр. 398). «Прато, Пистойя и Пиза вместе с Флоренцией получат ежегодный доход в 200 000 дукатов и предоставят для этой полезной цели рабочие руки и средства; точно так же и жители Лукки, ибо озеро Сесто станет судоходным» (стр. 395). Однако этим широким замыслам не суждено было осуществиться. Раздробленная Италия была терзаема непрерывными войнами. Флорентийцы воевали с непокорной Пизой, которая, находясь ниже по течению Арно, контролировала выходы этой реки к морю. Широкие проекты Леонардо не встречали отклика; его приглашали участвовать в таких начинаниях, которые вовсе не отвечали его замыслам. Так, в 1503 г. он должен был консультировать работы по отводу Арно от Пизы, их начали флорентийцы, стараясь лишить осажденный город воды. Работы проводились два месяца и были брошены из-за дороговизны. Несколько лет спустя в одной из своих записей Леонардо осудил тот метод действий «напролом», который был принят при этих работах: «Река, которая должна повернуть из одного места в другое, должна быть завлекаема, а не ожесточаема насильственно...» (стр. 393).

В столь же скромной роли эксперта приходилось выступать Леонардо и по вопросам инженерно-строительным, например давать заключение о причинах оседания церкви Сан Сальвадоре.

Опять-таки самостоятельно, без чьей-либо поддержки, как и в Милане, продолжал Леонардо свои совершенно оригинальные изыскания и эксперименты в области авиации. На северо-восток от Фьезоле, в окрестностях Флоренции, находится Монте Чечери — гора Лебедя. Отсюда, с Монте Чечери намеревался Леонардо совершить полет на сконструированном им приборе. Намекая на эту именно гору, он писал: «Большая птица начнет первый полет со спины своего исполинского лебедя, наполняя вселенную изумлением, наполняя молвой о себе все писания,— вечной славой гнезду, где она родилась!»[1]

Характерно, что единственное, точно датированное наблюдение над полетом птиц (14 марта 1505 г.) сделано Леонардо также около Фьезоле. Оно гласит: «Когда у птицы очень широкие крылья и небольшой хвост и хочет она подняться, тогда она сильно поднимает крылья и, поворачиваясь, забирает под крылья ветер, который, становясь для нее клином, поднимает ее с быстротой,— как кортона, хищную птицу, которую я видел над Барбиги, идя в Фьезоле в 5-м году 14 марта» (стр. 550). Видимо, с этими окрестностями Флоренции были связаны наиболее упорные мечтания одинокого Леонардо об авиации.

Во время пребывания во Флоренции, около 1503 г., Леонардо создал свой шедевр «Джоконду». Много труда положил он на создание росписи для зала большого совета в Палаццо Веккио — правительственном здании Флорентийской республики. Ему было поручено изобразить битву при Ангиари, происходившую в июне 1440 г. и закончившуюся победой флорентийцев над миланцами. С этой работой, видимо, связаны записи Леонардо, вошедшие позднее в «Трактат о живописи». Они говорят, как надлежит изображать битву: о том, как изобразить дым артиллерийских орудий, смешанный в воздухе с пылью, какими делать фигуры сражающихся, тела́ лошадей, как передать освещение этих фигур и т. д. Но, повествует

[1] V. U., внутренняя обложка. Ср. V. U., 18об.: «С горы, от большой птицы, получившей имя, начнет полет знаменитая птица, которая наполнит мир великой о себе молвой» (стр. 494). В 1912 г. слова Леонардо о «большо птице» были начертаны на камне, поставленном у подножья Монте Чечери.

Вазари, «задумав писать по стене масляными красками, составил он для подготовки стены смесь такого грубого состава, что когда он принялся за живопись в упомянутом зале, то стала она отсыревать, и вскоре он прекратил работу, видя, что она портится»[1]. Да и самая трактовка сюжета не удовлетворила заказчиков. Как известно, победителем оказался Микель-Анджело, разработавший для другой стены той же залы эпизод из войны Флоренции с Пизой[2].

Очень скоро по прибытии из Милана во Флоренцию Леонардо осознал, что здесь он не найдет широкого поля деятельности,— поприща для реализации тех больших технических замыслов, которые его занимали. Видимо, этим объясняется его поступление на службу к Чезаре Борджа, сыну папы Александра VI, занятому в те годы покорением Романьи и прилегающих земель.

На службе у Чезаре Борджа Леонардо пробыл с лета 1502 г. до марта 1503 г. 18 августа 1502 г. ему было поручено в качестве военного инженера осмотреть крепости и укрепления и «делать в них те изменения и преобразования, какие от сочтет необходимыми». Сначала Леонардо посетил города Адриатического побережья, примерно от Пезаро до Равенны. Он находился в Имоле, когда ее осаждали восставшие кондотьеры. Затем он обследовал большой район между Сиеной и Фолиньо. Наконец, мы находим его опять у моря, на западном берегу Апеннинского полуострова, в Пьомбино. Путешествие имело огромное значение для Леонардо-ученого. С этим путешествием связаны его наблюдения над движением морских волн, над рельефом Средней Италии, его глубокие размышления

---

[1] Вазари, т. II, стр. 109

[2] По определению Леонардо, война — «самое зверское из безумий» (pazzia bestialissima; см. Т. Р., 177). Такой она представлена и в эскизах к «Ангиарской битве» и в записях Леонардо, и таковы именно были междоусобные войны, терзавшие Италию его времени. Героизация сюжета, данная Микель-Анджело, более льстила узко локальному патриотизму флорентийцев. Война Флоренции и Пизы — ведь именно эти распри мешали осуществлению больших гидротехнических проектов Леонардо! Мог ли он вдохновиться эпизодами из борьбы Флоренции и Милана, Флоренции и Пизы?

о геологическом прошлом земли. В этот период Леонардо составил ряд карт; они преследовали в первую очередь стратегические цели, но на деле они оказались документами большого научного значения: наблюдательность ученого и гений художника слились здесь в одно органическое целое.

Служба у Чезаре Борджа в качестве военного инженера была лишь кратковременным эпизодом в жизни Леонардо. 18 августа 1503 г. умер папа Александр VI. После этого, события стали развертываться стремительно, и звезда Чезаре Борджа стала быстро клониться к закату. Но еще раньше, 5 марта 1503 г., Леонардо вернулся во Флоренцию.

Мы переходим теперь ко второму миланскому периоду жизни Леонардо, охватывающему время с лета 1506 г. до осени 1513 г. В 1506 г. Милан находился в руках французов, и Леонардо прибыл туда по приглашению французского наместника Шарля д'Амбуаз. В бытность свою в Милане Леонардо несколько раз посещал Флоренцию, особенно по делам раздела наследства, оставшегося после смерти его отца. Но основным его местопребыванием был Милан. Он живет здесь как прославленный живописец. Около 1507 г. он закончил «Леду», в 1508—1512 гг. работает над «Святой Анной» и «Иоанном Крестителем».

На тот же период падают его усиленные занятия анатомией. С 1506 г. в Павию переселился из Падуи Маркантонио делла Торре (ок. 1472—1512). Вазари пишет об этом ученом: «Он, насколько я слышал, был одним из первых, кто стал освещать положения медицины учением Галена и озарил истинным светом анатомию. И в этом отношении он чудесно использовал гений, труд и руку Леонардо, составившего книгу, с рисунками сангиною и чертежами пером, в которых он собственноручно, с величайшей тщательностью, дал в перспективных сокращениях и изображениях все костные части, а к ним присоединил потом по порядку все жилы и покрыл их мускулами: первые — скрепленные с костями, вторые — служащие опорными точками, третьи — управляющие движениями»[1]. Зимой 1510 г.

[1] Вазари, т. II, стр. 108.

Леонардо, как видно из его записей, надеялся закончить свой труд по анатомии[1].

О больших технических работах не приходилось и помышлять под чужеземным владычеством. 23 декабря 1512 г. Максимилиан Сфорца, сын Лодовико Моро, с 20 000 швейцарцев взял Милан, изгнав французов. По выражению одного из современников, наступила пора «смут, мести и всеобщего разорения». 24 сентября 1513 г. Леонардо покинул Милан и отправился в Рим.

В Риме в мае того же года на папский престол был избран под именем Льва X сын Лоренцо Медичи, Джованни. Льву X принадлежит изречение: «Будем наслаждаться папством, если бог его нам дал». Он окружил себя художниками и поэтами. Для него работали Рафаэль и Микель-Анджело, но к Леонардо папа относился с недоверием. Когда он получил от папы небольшой заказ, то, по словам Вазари, «принялся тотчас же растирать масла и травы для лака». Услыхав об этом, папа сказал: «Увы, никогда ничего не сделает тот, кто начинает думать о конце работы, еще не начав ее»[2].

Ближайшим «покровителем» Леонардо в Риме был брат папы, герцог Джулиано Медичи, увлекавшийся астрологией и алхимией. И у него, следовательно, великий ученый не мог получить поддержки в своих научных занятиях. Ведь Леонардо писал: «... Те, кто хотят разбогатеть в один день, долгое время живут в великой бедности, как бывает и вовеки будет с алхимиками, стремящимися создать золото и серебро» (W. An. I, 13об.). Алхимическое золото было в глазах Леонардо такою же нелепостью, как perpetuum mobile (ср. Forst., II, 67; стр. 14).

---

[1] «Этой зимой 1510 года я надеюсь закончить всю анатомию» (W. An. A, 17). Дж.-Б. Де Тони («Frammenti Vinciani», Padova, 1900) доказал, что Леонардо встретился в Павии с Маркантонио лишь незадолго до смерти этого ученого. Вот почему к приведенному в тексте сообщению Вазари нужно отнестись с большой осторожностью,— Леонардо вовсе не был только художником при павийском анатоме (Ср. Ф. Ботацци. Леонардо как биолог и анатом. «Флорентийские чтения», М., 1914, стр. 204).

[2] Вазари, т. II, стр. 111.

Горькой насмешкой над высокими «покровителями» кажутся те затеи, на которые вынужден был растрачивать свой гений Леонардо. Обратимся опять к Вазари. «Изготовив особенную восковую массу (pasta di una cera), он делал из нее во время прогулок тончайших, наполненных воздухом животных, которых заставлял, надувая, взлетать наверх; когда же воздух выходил из них, они падали на землю[1]. Одной ящерице чрезвычайно странного вида, найденной садовником Бельведера, он нацепил крылья, сделанные из кожи, содранной им с других ящериц, наполненные ртутью и трепетавшие, когда ящерица двигалась; кроме того, он приделал ей глаза, рога и бороду, приручил ее и держал в коробке; все друзья, которым он ее показывал, от страха пускались наутек. Часто приказывал он очищать от жира и пищи бараньи кишки и доводил их до такой тонкости, что их можно было уместить на ладони. А в другой комнате он поставил кузнечный мех, к которому прикрепил один конец помянутых кишек и надувал их до такой степени, что наполнял комнату, а она была огромная, так что тот, кто в ней находился, вынужден был забиваться в угол. Тем самым показывал он, что прозрачные и наполненные воздухом кишки, занимавшие вначале мало места, в конце концов стали занимать много, и сравнивал это с человеческим гением»[2].

Но в том самом Бельведере, где садовник нашел для Леонардо диковинную ящерицу, ученый занимался изысканиями, до которых не было дела его меценатам. Страница «Атлантического кодекса», заполненная геометрическими построениями, имеет пометку: «Кончено июля 7 дня, в 23 часа, в Бельведере, в комнате для занятий, устроенной для меня Великолепным [Джулиано Медичи]» (стр. 72).

[1] Конечно, никто из окружавших Леонардо не догадывался, что в этих фокусах таился принцип летательных аппаратов легче воздуха. Кстати сказать, это сообщение Вазари показывает, что великий ученый думал и о летательных приборах, наполненных нагретым воздухом. В записях самого Леонардо не сохранилось никаких других данных о подобных приборах.

[2] Вазари, т. II, стр. 110.

Более того, анатомические занятия Леонардо послужили поводом для клеветнических доносов, адресованных папе и директору госпиталя, откуда Леонардо получал трупы. Директор отказал ему в трупах и запретил диссекции (ср. С. А., 182об. с; стр. 734).

В начале 1515 г. «покровитель» Леонардо герцог Джулиано Медичи покинул Рим. В том же году, после битвы при Мариньяно, французские войска вновь заняли Милан. Леонардо минуло 63 года. Ни в родном городе, ни в Милане, ни в Риме на протяжении всей своей деятельности он не находил благоприятных условий для реализации своих обширных замыслов. В 1516 г. по приглашению французского короля Леонардо покинул Италию и переселился во Францию, хотя и там он не мог надеяться на сколько-нибудь значительную поддержку своих научных начинаний.

Он приехал как прославленный художник, как «божественный» Леонардо. Художественная культура итальянского Ренессанса импонировала Франции того времени. Леонардо стал законодателем мод при дворе Франциска I. Ему пришлось опять, как и в Италии, проектировать пышные празднества. В качестве архитектора он создал проект нового дворца для короля.

18 октября 1516 г. замок Сен-Клу, около королевского замка Амбуаз, посетил Антонио де Беатис, секретарь кардинала Арагонского. Де Беатис оставил интересное описание того, что он видел. Он рассказал о трех превосходных картинах Леонардо. Он рассказал также о его трудах по анатомии: «Этот господин написал замечательное сочинение об отношении анатомии к живописи; там описаны кости, члены, мышцы, жилы, вены, сочленения, внутренности, словом — все то, что необходимо для изучения как мужского, так и женского тела, и как до него никто не сделал. Мы сами видели это сочинение, и при этом он нам сказал, что он анатомировал более тридцати мужских и женских тел всякого возраста». Де Беатис добавляет: «Он писал также о свойствах воды. Множество томов написано им о различных машинах и других вещах; все это написано по-итальянски, и когда будет издано, окажет величайшую пользу и произведет сильнейшее впечатление».

Научные и технические труды Леонардо, как мы знаем, остались неизданными на протяжении столетий. Но он не бросал их и здесь, во Франции. Амбуаз прилегает к болотистой местности. Леонардо изучает реки, течение Луары, проектирует канал, остающийся, как и большинство других его проектов, на бумаге. Страница с геометрическими определениями и расчетами в «Атлантическом кодексе» (C. A., 249 b) датирована: «Июня 24-го Иоаннов день 1518, в Амбуазе, во дворце Сен-Клу». Леонардо умер 2 мая следующего 1519 г.

* * *

Энгельс назвал Леонардо титаном. По своему трагизму судьба Леонардо всего более напоминает судьбу сына титанов — Прометея. Историческая обстановка сковывала его силы: ни Флоренция, ни Милан, ни Рим, ни тем более Франция не позволяли развернуться его широким научным и техническим замыслам. «После того как революция мирового рынка с конца XV столетия уничтожила торговое преобладание Северной Италии, началось движение в обратном направлении. Рабочие массами вытеснялись из городов в деревню...»[1].

Итальянская промышленность переживала мануфактурно-ремесленный период; машина играла еще второстепенную роль по сравнению с разделением труда. Вот почему гениальные технические изобретения Леонардо, его машины ткацкие, стригальные, прядильные, не могли найти применения, — они намного опередили свое время. Вместе с тем Леонардо жил в период, когда раздробленная Италия была раздираема непрерывными войнами. Хищные, корыстолюбивые и честолюбивые правители отдельных областей Италии, беспринципные и неразборчивые в средствах, были плохими меценатами. Леонардо был им нужен прежде всего как военный инженер и как живописец, увеличивающий блеск их двора. Им не было дела до его смелых замыслов в области авиации. Им не интересен был физик-экспериментатор, математик, геолог, ботаник,

[1] К. Маркс. Капитал, т. I. 1950, стр. 721.

анатом. Леонардо лелеял большие проекты по осуществлению болот, строительству каналов, регулированию рек. Он заявлял, что в результате намеченных им мероприятий «всякий, кто захочет, получит сокровище с каждого участка земли». Все эти огромные проекты оставались неосуществленными. Флоренция, Милан, Рим, наконец, Франция — нигде не находил Леонардо достаточных благоприятных условий для реализации своих обширных научных и технических замыслов. «Живописец» или «военный инженер» — таковы важнейшие официальные звания Леонардо да Винчи. Авиация, геология, ботаника, зоология, анатомия человека — все это были занятия «для себя» и для будущих поколений. Италия, раздираемая внутренними войнами, опустошаемая чужеземцами, сковывала Леонардо, лишала его возможности развернуть созидательную деятельность в области гидротехники, деятельность, которая обновила бы лицо его родной страны.

Под непосредственным впечатлением окружающей действительности написаны суровые, полные горечи строки «Атлантического кодекса», озаглавленные: «О жестокости человека». Они облечены в привычную для Леонардо форму «профеций» — пророчеств. Повествуя в будущем времени о настоящем, Леонардо писал:

«Появятся животные на земле, которые всегда будут сражаться друг с другом, с величайшими уроном и часто смертью для той и другой стороны. Они не будут знать предела в своей злобе; жестокие члены их тела обрушат на землю большую часть деревьев великих лесов вселенной; и когда они насытятся, тогда пищей для их желаний станут смерть, скорбь, мучения, страх, гонение всякого живого существа. В своей безмерной гордыне они пожелают подняться до неба, но чрезвычайная тяжесть их членов потянет их вниз. Ничто не останется на земле или под землей и водою, что не подверглось бы преследованию, похищению, опустошению. И то, что находилось в одной стране, будет похищено в другую. И тела этих животных сделаются могилами и проходами для всех одушевленных тел, когда-либо ими умерщвленных. О земля, почему ты не разверзнешься и не сбросишь их в глубокие трещины своих великих

пропастей и недр, перестав являть небу чудовище столь жестокое и безжалостное!» (С. А., 370).

Совершенно очевидно, что эта «профеция» Леонардо написана под непосредственным впечатлением настоящего, того «жестокого века», когда Леонардо жил.

В другом месте того же «Атлантического кодекса» находим следующие строки: «Все животные изнемогают, наполняя воздух стенаниями, леса уничтожаются, горы разрыты, чтобы извлекать порожденные в них металлы. Но что могу я назвать бо́льшим злодейством, как не возношение похвал к небу в честь тех, кто с великим ожесточением вредил отчизне и роду человеческому?» (С. А., 382).

«Покровители» и «меценаты» Леонардо требовали от него прежде всего военных изобретений. Ему принадлежит много изобретений и в этой области. Как ученый он исследовал законы баллистики. Но отношение его самого к этой сфере своей деятельности лучше всего характеризуется следующим выразительным отрывком: «Как и почему не пишу я о своем способе оставаться под водою столько времени, сколько можно оставаться без пищи. Этого я не обнародываю и не оглашаю из-за злой природы людей, которые такой способ использовали бы для убийств на дне морей, проламывая дно кораблей и топя их вместе с находящимися в них людьми...» (стр. 511).

Леонардо писал: «Чтобы сохранить главный дар природы, то есть свободу, я изобрел наступательные и оборонительные средства для государств, осаждаемых тщеславными тиранами, и прежде всего скажу о расположении стен, а также посредством чего народы могут сохранить добрых и справедливых своих правителей» (В. N. 2037, л. 10).

Леонардо был проникнут чувством бесконечной ценности человеческой жизни. Подлинный гуманист, не принадлежавший к числу тех «гуманистов»-словесников, которых он бичевал в гневных строках, Леонардо писал по поводу своих анатомических рисунков: «И ты, человек, рассматривающий в этом моем труде удивительные произведения природы, если ты решишь, что разрушить мой труд — дело преступное, подумай, что гораздо более преступно отнять жизнь у

человека! И если это его строение тебе кажется удивительным произведением, подумай, что оно — ничто в сравнении с душой, которая обитает в этом здании. И поистине, какова бы эта душа ни была, предоставь ей жить в своем произведении как ей заблагорассудится, и не стремись своим гневом и злобой разрушить такую жизнь, ибо поистине тот, кто ее не ценит, тот ее не заслуживает...» (стр. 851).

В рукописях Леонардо встречаются потрясающей силы описания, рисующие разрушительные действия природных стихий: опустошительные разливы и наводнения, бури, грозы. Пафос этих описаний скрывает глубокое чувство одиночества. Веря в силы человека, Леонардо вместе с тем сознает обреченность своих технических замыслов: ждать поддержки не у кого. «Против этих вышедших из берегов рек бессильна всякая человеческая защита»[1].

Но вместе с тем нельзя не вспомнить в этой связи другие записи Леонардо, характеризующие его неуемную творческую энергию, его волю к деятельности. «Скорее лишиться движения, чем устать», «скорее смерть, чем усталость», «все труды неспособны утомить меня»... Возможно, стараясь подыскать в данном случае все новые обороты для выражения одной и той же мысли, Леонардо имел в виду найти наиболее выразительный лозунг для карнавала и приписать эти слова Лоренцо Медичи или Лодовико Моро. Но по существу не этих «отцов народных», а себя характеризовал Леонардо. Вот его запись во всей ее первичной непосредственности (W, 12700):

Скорее лишиться движения, чем устать.
Скорее исчезнет движение, чем польза.
Скорее смерть, чем усталость. *Я не устаю, принося пользу.*

---

[1] С. А., 108об. b. Характерно и показательно то множество вариантов, посредством которых Леонардо все вновь и вновь старался выразить все ту же мысль. Он искал, казалось бы, новые слова, новые оттенки выражения, бросал начатое, начинал заново. Часть вариаций на эту тему помещена в настоящем издании на стр. 391—392.

Я ненасытен в служении. *Девиз карнавала:*
Sine lassitudine [*без усталости*].

Все труды неспособны утомить меня.

Руки, в которые, подобно снежным хлопьям, сыпятся дукаты и драгоценные камни, никогда не устанут служить, но это служение — только ради пользы,
а не ради нашей выгоды. *Я не устаю, принося пользу.*

Естественно.

Природа сделала меня таким.

* * *

Если попытаться определить типичные черты Леонардо-естествоиспытателя, то основными нужно было бы признать следующие. Во-первых, Леонардо — мыслитель, намечающий программу нового экспериментального естествознания, страстный и неутомимый противник отживающего и отмирающего. Во-вторых, Леонардо не только наметил программу, но и сам неутомимо экспериментировал, разрабатывая самые различные отрасли естественных наук. В-третьих, бросается в глаза монолитность фигуры Леонардо-ученого, выступавшего при разработке конкретных проблем во всеоружии своих разносторонних знаний. И, наконец, в-четвертых, Леонардо-ученый неотделим от Леонардо-инженера, изобретателя, художника.

Леонардо — борец против старой схоластической науки, декларирующий права опыта и эксперимента. «Все наше познание начинается с ощущений» (стр. 10). Опыт — «истинный учитель». Он не обманывает. Но если опыт не обманывает, то обманывают наши суждения (стр. 11). Следовательно, нужно сопоставлять опыты, варьировать их, нужно экспериментировать, т. е. обобщать[1].

---

[1] Ср., например, стр. 226, где указывается, что опыты, казавшиеся тождественными, весьма часто оказывались при ближайшем рассмотрении различными.

Весьма многозначительно сравнение живописца с зеркалом, которое о т р а ж а е т окружающую действительность. «Ум живописца должен быть подобен

Эти высказывания Леонардо о природе научного опыта пронизывает дух эксперимента, дух активного отношения к действительности. Он чужд голой созерцательности, «ползучей эмпирии». Он требует не простого ви́дения, а «уменья видеть» (saper vedere).

Леонардо обрушивался на схоластов, которые занимаются вещами, «восстающими против ощущений», вещами «недоказуемыми», каковы сущность бога и бессмертие души (стр. 9 и 707). Он обрушивался на алхимиков, которые «хотят разбогатеть в один день», но живут и будут жить всегда в великой бедности (стр. 14)[1]. Он обрушивался на искателей perpetuum mobile, не знающих истинных законов природы (там же; ср. стр. 101 и 375), на хиромантов (стр. 15) и на заклинателей-некромантов. В этой последней связи он подробно раскрывал физическую нелепость понятия о нематериальных духах, действующих в природе, называя подобные рассуждения «глупейшими из речей человеческих» (стр. 15). Здесь мы находим последовательное опровержение того, что позднее получило наименование спиритизма. Все такие рассуждения, не основанные на опыте, рождаются, по заявлению Леонардо, от «скудости ума» (стр. 14).

зеркалу, которое всегда превращается в цвет того предмета, который оно имеет в качестве объекта, и наполняется столькими образами, сколько существует предметов, ему противопоставленных» (B. N. 2037, 1, 2). Однако одно только пассивное отражение единичного предмета, вне связи с остальными, не дает еще подлинного знания. В своих записках Леонардо критиковал наивно-сенсуалистическую точку зрения тех, кто утверждал, что «солнце — такой величины, какой оно нам кажется» (стр. 736—737). Точно так же неправ живописец, «бессмысленно срисовывающий», он «подобен зеркалу, которое подражает всем противопоставленным ему предметам, не обладая знанием их» (C. A., 76).

[1] Нападая на алхимиков, делателей искусственного золота, Леонардо вместе с тем не отвергал алхимии как «исполнительницы простых произведений природы» (W. An., 31об.), т. е. алхимии, исторически связанной с производственным опытом. Примером таких разумных «алхимических» действий является изготовление стекла. Необходимо указать также, что, признавая невозможность трансмутации металлов в лабораторных условиях, Леонардо вместе с тем не отвергал возможность возникновения золота из других веществ в условиях природных (W. An. B, 28об.). См. стр. 15—16.

Энгельс назвал бессмертное произведение Коперника «декларацией независимости» естествознания[1]. В этом труде, по его выражению, Коперник дал «отставку теологии»[2]. Слова Энгельса отчетливо показывают, что естествознание развивалось в резком антагонизме с религией и церковью. В научном творчестве Леонардо весьма ярко проступают те же антисредневековые, светские черты.

В биографии Леонардо, написанной Вазари, имеются следующие строки: «Занимаясь философией явлений природы, он пытался распознать особые свойства растений и настойчиво наблюдал за круговращением неба, бегом луны и движением солнца»[3]. За этими строками в первом издании (1550) следовала фраза: «Вследствие всего этого он создал в уме своем еретический взгляд на вещи, не согласный ни с какой религией, предпочитая, повидимому, быть философом, а не христианином». В последующем издании (1568) Вазари опустил эту фразу, ссылаясь на то, что он был якобы плохо осведомлен. Но ему не удалось свести концы с концами. В биографии остался елейный, исторически лживый рассказ о том, как на одре предсмертной болезни Леонардо «принялся прилежно изучать установления католичества и нашей благой и святой христианской веры», о том, как он каялся, что «много согрешил против бога и людей тем, что работал в искусстве не так, как подобало»[4]. Вазари не подумал, что эта сочиненная им картина предсмертного раскаяния косвенно подтверждает, что на протяжении всей своей жизни Леонардо предпочитал «быть философом, а не христианином».

И действительно, спрятать антиклерикальную направленность Леонардо никак не удастся. «Фарисеи, сиречь святые отцы», читаем в кодексе Тривульцио (Tr., 34). «Остальную часть определения

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. стр. 153.
[2] Там же, стр. 9.
[3] Вазари, т. II, стр. 93.
[4] Там же, стр. 111—112.

души, — писал Леонардо, — предоставляю уму братьев, отцов народных, которые наитием ведают все тайны» (стр. 841).

Индульгенциям, «торговле раем», посвящены следующие бичующие строки: «Бесчисленные толпы будут открыто и мирно продавать без разрешения самого хозяина вещи величайшей ценности, которые никогда им не принадлежали и не были в их владении, и в это не будет вмешиваться человеческое правосудие» (С. А., 370). И на той же странице о поклонении иконам: «Будут просить милости у тех, кто, имея уши, не слышат, будут светить тем, кто слепы».

В «Трактате о живописи» (Т. Р., 77) Леонардо говорит о тех «глупцах» и «лицемерах», которые упрекают живописцев, изучающих в праздничные дни произведения природы. «Но пусть умолкнут такие хулители,— отвечает им Леонардо, — ибо это есть способ познать творца столь многих удивительных вещей, способ полюбить столь великого изобретателя». Что понимал Леонардо под «творцом», видно из других мест того же «Трактата». Это — природа, ибо «все видимые вещи были порождены природой» (Т. Р., 12) и «произведения живописца представляют произведения природы» (Т. Р., 9). Чисто фигуральный характер носит выражение «Первый двигатель» в отрывке А, 24, обозначая незыблемый строй природных законов. Совершенно аналогично в другом месте (С. А., 345об. b) Леонардо обращался к «чудесной» или «дивной» необходимости, олицетворяя ее (см. стр. 294 и 713).

Сравнив выдержки из сочинений Николая Кузанского с отрывками Леонардо, Дюэм констатировал: «Мы только что видели, как Леонардо вдохновлялся мыслями о геометрии, развитыми Николаем Кузанским. В писаниях Николая Кузанского и книгах философов-платоников, которым немецкий кардинал подражал, эти мысли направлены на предмет, по существу теологический; они имеют целью пробудить в нашем уме по крайней мере догадку о божественной сущности, о ее таинственных исхождениях, о ее связях с сотворенной природой. Беря эти мысли, Леонардо их трансформирует, он сохраняет то, что в них есть геометрического, и упраздняет все, чем они связы-

ваются с теологией; он старательно вычеркивает в них имя бога»[1].

В писаниях Леонардо снимается средневековая грань между земным и небесным, ясно и точно формулируется тот принцип однородности вселенной и ее законов, о котором позднее восторженно заговорит великий мученик науки Джордано Бруно. «Вся речь твоя должна привести к заключению, что Земля — светило, почти подобное Луне» (стр. 753). Леонардо пытался объяснить отраженный свет Луны физическими законами, действующими на земле: по его взгляду этот свет обусловлен отражением Солнца от лунных океанов, подобных нашим, и для обоснования своего взгляда он привлек наблюдения, сделанные над отражениями Солнца в морских волнах, на поверхности золоченых шаров и т. д. (см. стр. 744—751).

Дело не в правильности всех этих объяснений, дело в принципе, в той смелости, с которой Леонардо распространил физические законы земли на царство «небесного эфира», качественно отличного от земных стихий по средневековым представлениям. Земля перестает быть для Леонардо центром вселенной. «Земля не в центре солнечного круга и не в центре мира, а в центре стихий своих, ей близких и с ней соединенных; и кто стал бы на Луне, когда она вместе с Солнцем под нами, тому эта наша Земля со стихией воды представилась бы играющей роль ту же, что Луна по отношению к нам» (стр. 753). И, перекликаясь со своим младшим современником, гениальным Коперником, Леонардо написал на одном из листов (стр. 736) многозначительные слова: *Солнце не движется.*

Если Леонардо в одном месте и заявлял, что оставляет неприкосновенным «священное писание» — le lettere incoronate, дословно: «коронованные писания» (стр. 841) — на том основании, что оно есть «высшая истина», фактически он не оставлял его «неприкосновенным». «Во всех частях Европы будет плач великих народов

[1] «Études sur Léonard de Vinci», т. II, P., 1908, стр. 153 (разрядка моя.— *В. З.*).

о смерти одного человека, умершего на востоке», — так писал Леонардо о «плаче в страстную пятницу», лишая «коронованные писания» их ореола божественности (С. А., 370). Когда Леонардо писал: «Дух, принявший тело, не может проникать или входить туда, где входы заперты» (стр. 20), он тем самым отвергал евангельский рассказ о явлении Христа ученикам после своего воскресения.

Особенно показательны рассуждения Леонардо, касающиеся геологии. Решая вопрос, как могли остатки морских животных оказаться на вершинах высоких гор, вдали от моря, Леонардо оспаривал библейскую легенду о всеобщем потопе во времена Ноя (С. А., 155). Глубоко неверно рассматривать эти его возражения как простое взвешивание доводов «за» и «против», как только раздумье ученого[1]. В его строках сквозит явная ирония по адресу автора «коронованных писаний», когда он пишет: «Если ты скажешь, что раковины встречаются в наше время в пределах Италии далеко от морей на такой высоте по причине потопа, который их здесь оставил, то я отвечу тебе, поскольку ты веришь, что воды потопа превзошли высочайшую гору на 7 локтей, как написал тот, кто их вымерил»... и т. д. (стр. 410). И несколько дальше: «... она [ракушка] не пройдет это расстояние в 40 дней, как сказал тот, кто исчислил это время».

Для Леонардо авторитетнее была другая книга — неписаная книга природы, ибо «вещи гораздо древнее письменности» (стр. 410).

Леонардо не ограничился тем, что наметил программу экспериментальной науки в своих бесчисленных записях-вопросах: «исследуй», «опиши», «проверь» и т. п. Он сам неутомимо наблюдал, ставил все новые опыты и делал все новые изобретения. «Мозг его никогда не прекращал своих выдумок», писал о Леонардо Вазари[2]. Великий флорентиец экспериментально исследовал прочность горизонтальных балок, вертикальных стоек, наклонного бруса[3]; он пы-

---

[1] Так поступает, например, E. Mac Curdy. The Mind of Leonardo da Vinci. N. Y., 1948, стр. 217.

[2] См. цитату на стр. 882.

[3] См. отрывки на стр. 207—210 и 217.

тался экспериментально исследовать траекторию летящей стрелы и летящего ядра, ставя препятствие на разных расстояниях[1]. Для изучения функций хвоста птицы он экспериментировал с ее моделью (стр. 542). Изучая законы падения тел, он бросал с подмостков фигурки различной формы (стр. 258). Он придумывал средства для экспериментального изучения потоков воды[2]. Устанавливая законы воздушной перспективы, он пользовался стеклом, на котором были нанесены цвета отдаленных предметов, и определял при этом состав смеси красок (стр. 693—694). Леонардо обезглавливал лягушек, сдирал с них кожу, прокалывал их спинной мозг (стр. 840). Он экспериментально изучал корневое давление (стр. 862 — 863), наблюдал рост тыквы (стр. 862), намечал длительный (десятилетний) опыт, стремясь ближе исследовать образование перегноя (стр. 424—425). Можно было бы умножить число примеров. Но их читатель сам найдет в настоящем издании.

Единство и монолитность Леонардо-естествоиспытателя мы также иллюстрируем лишь несколькими примерами. Рассматривая отдельные стороны многогранной деятельности Леонардо-ученого, можно лишь искусственно изолировать их друг от друга. По существу нельзя рассматривать отдельно Леонардо-механика и Леонардо-анатома, Леонардо-гидротехника и Леонардо—конструктора летательных приборов, Леонардо-астронома и Леонардо-оптика и т. д.

Леонардо-живописец пришел к исследованию вопросов перспективы: во-первых, перспективы линейной и в особенности перспективы воздушной. Теория света и теней, теория цветов, непрерывно меняющихся в зависимости от освещения, свойств промежуточной среды, расстояния и других факторов, привлекали его внимание прежде всего как живописца. В его записках содержится множество тонких наблюдений над разнообразнейшими случаями подобного влияния: башни в тумане, синева далеких гор, хлопья снега,

[1] См. стр. 265—266.

[2] См. стр. 967.

освещение лесов и полей, белые одежды на зеленом лугу, лица прохожих на улицах, мокрых от дождя. И здесь же вступает в свои права Леонардо-анатом и физиолог. Он изучает особенности монокулярного и бинокулярного зрения, изучает сокращение и расширение зрачка при перемене яркости света, и не только у человека, но и у различных животных. Весьма внимательно исследует он физиологию зрения ночных птиц — совы, филина. Его интересует строение глаза кошки и льва. Но этого мало. Как физика, Леонардо интересует природа света, и он высказывает плодотворные, прогрессивные для своего времени мысли об аналогии между распространением волн на воде и распространением света. Леонардо внимательно изучает наследие прошлых веков — труды астрономов и математиков, разрабатывавших вопросы геометрической оптики и физиологических обманов зрения. Всю совокупность своих оптических знаний он применяет в своих трудах по астрономии, рассуждая о свете Луны и, в частности, впервые правильно объясняя так называемый пепельный свет ее.

Наконец, в той области, в которой Леонардо был особенно смелым новатором, — в области авиации — он опять нуждался в синтезе различных и разнородных знаний. Он считал, что «плавание показывает способ летания», а наука о ветрах должна быть построена на основе сопоставления движений воздуха и движений воды. Вопросы авиации в творчестве Леонардо смыкались с гидротехникой и гидродинамикой. Вместе с тем Леонардо зорко наблюдал полет не только птиц, но и летучих мышей, бабочек, мух, стрекоз и т. д. Если как живописец Леонардо интересовался законами зрения и перспективы, то здесь он вынужден был ближе выяснить условия, при которых глаз наблюдает движение предметов (ср. стр. 705). Он сравнивал строение различных летающих животных, сопоставлял величину их крыльев и вес их тела, изучал силу мускулов и все эти анатомические наблюдения использовал как конструктор. Наконец, исходя из мысли, что птица есть «инструмент», действующий по математическим (т. е. механическим) законам, Леонардо возводил свои наблюдения над летающими живыми существами к общим зако-

нам механики. Птица для него — «действующий по математическому закону инструмент» (стр. 596).

Только в 1680—1681 гг. была напечатана книга соотечественника Леонардо, Джованни-Альфонсо Борелли (1608—1679) «О движении животных», где систематически была изучена механика движений, производимых живыми существами[1]. Леонардо, соединявший в своем лице живописца, анатома и механика, упорно занимался этими вопросами. Достаточно вспомнить те куски «Трактата о живописи», где он сравнивает силу различных мускулов, ссылается на положения книги «О тяжестях» и вместе с тем дает советы художнику, как изображать борьбу Геркулеса с Антеем.

Наука, направленная на познание объективных закономерностей материального мира, неразрывно связана с практикой. Сам Леонардо сложился как ученый в больших по тому времени промышленных городах Италии — во Флоренции и Милане. Характеризуя состояние науки и производства во времена Леонардо, Энгельс писал: «Когда после темной ночи средневековья вдруг вновь возрождаются с неожиданной силой науки, начинающие развиваться с чудесной быстротой, то этим чудом мы... обязаны производству. Во-первых, со времени крестовых походов промышленность колоссально развилась и вызвала к жизни массу новых механических (ткачество, часовое дело, мельницы), химических (красильное дело, металлургия, алкоголь) и физических фактов (очки), которые доставили не только огромный материал для наблюдений, но также и совершенно иные, чем раньше, средства для экспериментирования и позволили сконструировать *новые* инструменты. Можно сказать, что собственно систематическая экспериментальная наука стала возможной лишь с того времени»[2]. Записные книжки Леонардо полны сведений, почерпнутых из производственного опыта ремесленников, из собственного опыта инженера-практика. Но ошибочно думать, заявлял Леонардо, что голые эмпирические сведения практиков

[1] I.-A. Borelli. De motu animalium opus posthumum. Romae, 1680—1681.

[2] Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 145—146. Ср. там же, стр. 150—151.

составляют науку. Они нуждаются в теоретическом обобщении, чтобы стать наукой.

Записные книжки Леонардо качественно отличаются от тех немногочисленных записных книжек мастеров средневековья, которые нам известны и примером которых может служить так называемый «Альбом» французского архитектора XIII в. Виллара из Оннекура. Виллар записывает все, что он видел, все производственные рецепты, которые ему могут пригодиться впоследствии. Но он не обобщает. Наоборот, Леонардо всегда стремится к обобщению. И если он упрекал живописцев, механически и пассивно, без разбора копировавших природу, то этот же упрек его сохранял силу и в отношении слепой практики техников, не испытывавших потребности опереться на широкие обобщения науки. «Влюбленные в практику без науки,—писал он,—словно кормчий, ступающий на корабль без руля и компаса; он никогда не уверен, куда плывет» (G, 8). Для Леонардо, «наука — полководец, а практика — это солдаты» (I, 130)[1].

Вместе с тем Леонардо требовал: «Когда будешь излагать науку о движении воды, не забудь под каждым положением приводить его практическое приложения, чтобы твоя наука не оставалась бесполезной» (стр. 338). Механику Леонардо называл «раем математических наук» на том основании, что «посредством нее достигают математического плода» (стр. 84), т. е. здесь математика находит свое практическое приложение на пользу человека.

В одной из рукописей Леонардо мы находим басню о бритве. Бритва, видя, какая она блестящая на солнце, возгордилась и отказалась брить намыленные бороды «простаков-крестьян». От бездействия она стала похожей на ржавую пилу и перестала отражать блистающее солнце. «То же, — заканчивает Леонардо, — случается с теми умами, которые, прекратив упражнение, предаются безделью: они утрачивают свою режущую тонкость, и ржавчина невежества разъедает их» (С. А., 175об.).

[1] См. стр. 23.

* * *

Научное наследство Леонардо заключается в многочисленных записных тетрадях и книгах, содержащих отрывочные заметки по самым разнообразным вопросам, чертежи, зарисовки, наброски и законченные рисунки. Лишь немногие записи датированы. Огромное большинство их приходится датировать по косвенным признакам, и многое в хронологии рукописей Леонардо по сей день остается невыясненным [1].

Повидимому, значительное число рукописей Леонардо до нас не дошло. Оставшиеся в Италии явно были расхищены, погибли или разошлись по рукам. Рукописи, увезенные Леонардо во Францию, перешли к его ученику Франческо Мельци, который хранил их у себя до самой смерти (1570). После его смерти и они также подверглись расхищению и распылению. В настоящее время рукописи и рисунки научного и технического содержания хранятся в разных городах — в Милане, Турине, Париже, Лондоне. Часть из них состоит из листов и тетрадей, сшитых и сброшированных после смерти Леонардо, что, разумеется, еще более усложняет запутанный вопрос о хронологии рукописей. Таков, например, знаменитый «Атлантический кодекс» в Милане — «Атлант» среди прочих (отсюда его название, укоренившееся в литературе).

Исследователи научного творчества Леонардо установили, что, хотя ни одна рукопись великого ученого не была издана в XVI и XVII вв., в ряде случаев можно проследить влияние научных идей Леонардо и даже прямое плагиирование их. Такие заимствования встречаются, например, в произведениях Джироламо Кардано (1551), Бернардино Бальди (1582), Х.-Б. Виллалпандо (1604). Правда, эти заимствования единичны: чаще всего крупнейшие научные открытия Леонардо оставались похороненными в его записях и позднее были сделаны заново.

[1] Наиболее потрудился в этой области Дж. Кальви (см. его книгу «I manoscritti di Leonardo da Vinci», Bologna, 1925). В настоящем издании мы опираемся в основном на его датировки.

В XVI—XVII вв. были сделаны две компиляции, или два свода отрывков из рукописей Леонардо. Первая из них, относящаяся к середине XVI в., получила наиболее широкую известность под названием «Трактата о живописи»[1]. Другая компиляция была сделана доминиканцем Арконати для кардинала Барберини в 1643 г. под названием «Трактат о движении и измерении воды»[2].

В целом научное и техническое творчество Леонардо оставалось неизученным на протяжении столетий. Первый, кто обратил внимание на Леонардо-ученого, был моденский профессор Дж.-Б. Вентури (1746—1822). В 1797 г. он сделал сообщение в Национальном институте в Париже о физико-математических трудах Леонардо[3]. Предметом его рассмотрения явились 13 рукописей, привезенных незадолго то того консулом Бонапартом из Милана[4]. В 1830-х годах труды Леонардо-ученого исследовал по рукописям Гульельмо Либри (1803—1869)[5]. Систематическое изучение и публикация научно-технического наследия Леонардо начались, однако, лишь со второй поло-

---

[1] Впервые напечатан в Париже в 1651 г.

[2] Впервые издан в 1826 г. Новое издание вышло в 1923 г.

[3] G.-B. Venturi. Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci. P., 1797.

[4] Вентури обозначил 12 рукописей (до настоящего времени находящиеся во Франции) буквами от А до М. Эти обозначения стали общепринятыми. Что же касается 13-й рукописи, обозначенной им буквой N, она позднее была возвращена Италии и известна под названием «Атлантического кодекса».

[5] В 3-м томе своей «Истории математических наук в Италии» (Histoire des sciences mathématiques en Italie, P., 1840, стр. 1—59) в примечаниях I—XXI Либри поместил ряд извлечений из Леонардовских рукописей.

К сожалению, приходится напомнить, что Либри был не только исследователем, но и расхитителем рукописей Леонардо. Из парижской рукописи А он вырвал часть листов, составивших так называемый кодекс Ashburnham II (или B. N. 2038), из рукописи В — листы кодекса Ashburnham I (или B. N. 2037). Проданные им лорду Эшбернхэму, они затем вернулись в Париж. Точно так же из рукописи В были удалены листы, составившие так называемый кодекс «О полете птиц». Он был продан первоначально графу Дж. Манцони. Ф. Ф. Сабашников, купив этот кодекс, подарил его итальянскому народу и в настоящее время он находится в Туринской библиотеке.

вины XIX в. и были поистине международным делом. В нем принимали участие, кроме итальянцев, французы, русские, норвежцы, англичане. Публикация рукописей Леонардо закончилась буквально накануне второй мировой войны.

В 1881—1891 гг. были опубликованы Ш. Равессоном-Моллиеном в 6 томах парижские рукописи. В 1894—1904 гг. с транскрипцией Джованни Пиумати был издан «Атлантический кодекс». В те же годы Лука Бельтрами издал «Кодекс Тривульцио» (1891), а Ф. Ф. Сабашников напечатал в Париже (с транскрипцией Пиумати и французским переводом Равессона) рукопись «О полете птиц» (1893). Стараниями того же Сабашникова было начато издание виндзорских рукописей (анатомические кодексы W. An. A и W. An. B, изданные в 1898—1901 гг.). В 1907 г. был издан Джироламо Кальви кодекс Лестера. Наконец, кодекс Британского музея и кодекс Форстера были опубликованы впервые лишь в 1926—1935 гг.[1]

Надо заметить, что все издания рукописей Леонардо, наряду с расшифровкой текста, содержат воспроизведение подлинных страниц текста, что позволяет углубленно изучать его без обращения к оригиналу, уточнять чтение трудно расшифровываемых мест и т. д.[2]

Начало «антологиям» — сборникам избранных отрывков — было положено в 1880-х годах англичанином Ж.-П. Рихтером[3]. За ним последовали другие аналогичные сборники отрывков, в оригинале и в переводах[4].

---

[1] Более подробные данные об изданиях рукописей Леонардо см. стр. 1019.

[2] Нельзя не указать также, что издание рукописи «О полете птиц», сделанное Ф. Ф. Сабашниковым,— в своем роде единственное. Оно не довольствуется фотографическим воспроизведением страниц текста, а содержит точную имитацию (в размере оригинала) книжечки, принадлежавшей Леонардо, со всеми оттенками цвета бумаги и чернил, пятен и т. д.

[3] J.-P. Richter. The literary works of Leonardo da Vinci. London, 1883. Второе дополненное и исправленное издание — Лондон, 1939, два тома.

[4] Укажем некоторые из них: E. Solmi. Frammenti letterari e filosofici Leonardi da Vinci. Firenze, 1899; Leonardo da Vinci. Scritti. Con un proemio di L. Beltrami, Milano, 1913. Отрывки в немецком переводе: M. Herzfeld. Leonardo da Vinci. Der Denker, Forscher und Poet. Leipzig, 1904; 4-е испр. изд.,

«Антологии» Леонардо, рассчитанные по большей части на широкий круг читателей, не являющихся специалистами-естествоиспытателями, дают математические, механические и естественнонаучные отрывки Леонардо да Винчи лишь выборочно, в виде характерных примеров. При этом мысли Леонардо невольно «атомизируются», разъединяются и превращаются в самостоятельные афоризмы. Нельзя не констатировать, что именно подобные «антологии» преимущественно использовались теми, кто хотел доказать, что наука Леонардо «свелась под конец к какому-то хаосу из тонко подмеченных фактов и фантазий»[1]. Что касается более или менее полных систематизированных сводов отрывков, то до настоящего времени такие своды существуют лишь по механике[2] и по авиации[3].

В Советском Союзе первое издание «Избранных произведений» Леонардо да Винчи на русском языке вышло в двух томах в 1935 г.[4] Примерно в те же годы вышел полный русский перевод «Трактата

Jena, 1926. Th. Lücke. Leonardo da Vinci. Tagebücher und Aufzeichnungen, 2-te Auflage, Leipzig, 1952. Во французском переводе: Péladan. Textes choisis de Leonard de Vinci. P., 1907. По-английски: E. Mac Curdy. Leonardo da Vinci's Notebooks. London—New York, 1906; новое изд. (2 тома). 1941—1942.

[1] Л. Ольшки. История научной литературы на новых языках, т. I. М.—Л., 1933, стр. 168. Критику взглядов Ольшки см. на стр. 929—934.

[2] Leonardo da Vinci. I libri di meccanica nella ricostruzione ordinata di A. Uccelli. Milano, 1940.

[3] R. Giacomelli. Gli scritti di Leonardo da Vinci sul volo. Roma, 1936 Н. Де Тони произведена выборка отрывков по гидравлике из парижских рукописей (Z' idraulica in Leonardo da Vinci, Brescia, 1934—1935,— «Frammenti Vinciani», III—IX).

[4] Леонардо да Винчи. Избранные произведения. Переводы, статьи, комментарии А. А. Губера, А. К. Дживелегова, В. П. Зубова, В. К. Шилейко и А. М. Эфроса. Т. 1—2. М.—Л., 1935. Часть включенных в это издание переводов, заново отредактированных и сверенных с оригиналами, была переиздана в 1952 г. («Избранное», ГИХЛ). Это последнее издание, рассчитанное на широкие круги читателей, не содержит ссылок на рукописи, а в части естественнонаучной ограничивается показом немногих образцов научной прозы Леонардо да Винчи, без чертежей и развернутых комментариев.

о живописи», содержащего, как известно, довольно много естественнонаучных сведений[1].

В указанном двухтомном издании первый том посвящен «Науке» и был подготовлен пишущим эти строки. Он содержит 456 отрывков, в подавляющем большинстве вошедших в настоящее издание, которое содержит их свыше 1800. Все старые переводы были мною тщательно сверены с подлинником и переработаны. Коренным образом было изменено расположение отрывков. По прошествии 17 лет мне стало совершенно ясным, что в первом издании я недооценивал те логические связи, которые существуют между записями Леонардо при всей внешней разбросанности их. Если в первом издании порядок передавал стиль и характер Леонардовских рукописей, то в настоящем издании принят по возможности такой порядок, который позволяет следить за филиацией мыслей Леонардо. Это достигается в одних случаях сопоставлением разновременных отрывков, посвященных той же теме, в других—

---

[1] «Книга о живописи мастера Леонардо да Винчи, живописца и скульптора флорентинского». Пер. А. А. Губера и В. К. Шилейко. М., 1934. В настоящем издании отрывки из «Трактата о живописи» даны частью по этому переводу, сверенному с оригиналом и в ряде случаев измененному, частью в моем новом переводе. Считаясь с наличием полного русского перевода «Трактата», я старался свести число выдержек из него до возможного минимума.

Одна из сторон разнообразного технического творчества Леонардо да Винчи тщательно и оригинально исследована в труде Р. А. Орбели «Леонардо да Винчи и его работы по изысканию способов подводного плавания и спусков». Л., 1936 (отд. оттиск из сб. «Эпрон», XIII—XIV; эта же работа вошла в сборник его статей: «Исследования и изыскания». М.—Л., 1947, стр. 143—189).

Из более ранней литературы на русском языке нельзя обойти молчанием доклад А. Г. Столетова «Леонардо да Винчи как естествоиспытатель», впервые напечатанный в «Русской мысли» в 1896 г. (перепечатан в Собр. соч., т. 2, М.—Л., 1941, стр. 341—368).

Я не касаюсь здесь русской литературы о Леонардо-художнике, насчитывающей ряд оригинальных исследований. Ср. В. Н. Лазарев. Леонардо да Винчи. Указатель основной литературы. М., 1952. Обширная библиография E. Verga охватывает литературу на разных языках за период 1493—1930 гг. («Bibliografia Vinciana», Bologna, 1931, два тома).

воспроизведением целых кусков одной рукописи, страница за страницей, там, где Леонардо при всех отступлениях от темы неуклонно идет к одной намеченной цели (таковы, например, листы «Кодекса Лестера», посвященные палеонтологии и помещенные на стр. 410—421 настоящего издания). Мы сочли необходимым включить также целиком небольшой трактат о преобразовании тел (см. стр. 33—68). Не говоря о том, что он лучше всего характеризует Леонардо как математика, это едва ли не единственный пример у Леонардо связного, «трактатообразного» освещения одного вопроса на протяжении ряда страниц[1].

Мы убеждены, что при группировке фрагментов Леонардо да Винчи нельзя последовательно придерживаться т о л ь к о хронологического или т о л ь к о систематического принципа. Мысль Леонардо образует настолько сложную ткань, что приходится руководствоваться и тем и другим принципом, в зависимости от конкретного материала. Помещенный в конце хронологический список рукописей Леонардо позволяет читателю уточнить хронологию там, где из соображений большей ясности принят систематический порядок расположения.

Настоящее издание является собранием т е к с т о в Леонардо да Винчи. Нам пришлось отказаться от некоторых чертежей и рисунков, сопровождающих эти тексты, в тех случаях, когда последние ясны сами по себе и не содержат ссылок на эти чертежи и рисунки. Вместе с тем, будучи в первую очередь собранием текстов, настоящее издание не претендует отразить сколько-нибудь полно все богатство тех научно-технических чертежей и рисунков, которые вовсе лишены развернутых пояснений. Такова бóльшая часть рисунков Леонардо, посвященных анатомии и инженерии. Они предполагают совершенно иную форму издания — альбом с развернутым комментарием.

[1] Такое же до известной степени связное целое представляют записи на листах B. M., 1—12, посвященные вопросу о грузе, подвешенном на нити, укрепленной на обоих концах (стр. 173—189).

* * *

Чтение рукописей Леонардо представляет большие трудности. Они написаны зеркальным письмом, справа налево, и могут быть разобраны только в зеркале. Чтобы еще более засекретить свои открытия, Леонардо в известных случаях писал отдельные слова обычным письмом, которые, следовательно, в зеркале не читаются[1]. Орфография своеобразна — два слова пишутся иногда слитно, начертание нередко передает особенности произношения, записывает живую речь со всеми ее фонетическими особенностями. Рукописи Леонардо приходится буквально расшифровывать[2].

Содержание и распределение своих записей Леонардо да Винчи лучше всего охарактеризовал на первой странице кодекса Арондель 263 (в Британском музее)[3]. Он называет эту рукопись «сборником без порядка, извлеченным из многих листов», которые переписаны здесь в надежде «потом распределить их в порядке по своим местам, соответственно материям, о которых они будут трактовать». Леонардо просит будущего читателя не сетовать на неизбежные повторения, «ибо предметов много и память не может их сохранить и сказать: об этом не хочу писать, ибо писано раньше».

Читая рукописи Леонардо, мы как бы присутствуем при самом процессе научного творчества: Леонардо мыслит во время самого писания, пишет не оглядываясь, предложение лепится к предложению, он часто забывает о согласовании, повторяет уже написанные

---

[1] См. ниже, стр. 990.

[2] Упоминавшийся нами Либри так писал о манускриптах Леонардо да Винчи в одном из своих писем в 1830 г.: «Здесь есть все: физика, математика, астрономия, история, философия, новеллы, механика. Словом, это — чудо; но написано навыворот так дьявольски, что не один раз я тратил целое утро, чтобы понять и скопировать две или три таких странички» (цитирую по R. Marcolongo. La meccanica di Leonardo da Vinci. Napoli, 1932, стр. 4).

[3] См. стр. 25.

слова[1], обрывает нить аргументов, оставляя отрывок незавершенным, или заканчивает его неопределенным «и т. д.» там, где ход аргументации достаточно ясен, по крайней мере для него самого. Записи Леонардо раскрывают творческое движение научной мысли, которая проходит стадии раздумья, борьбы противоречий, последовательно приближаясь к неизбежному логическому выводу.

В текст нередко вплетается чертеж или рисунок и подчас текст— лишь пояснение к рисунку, растворяется в рисунке, а доказательство сводится к внимательному разглядыванию чертежа, причем Леонардо ничуть и не заботится о строгости словесной формулировки. Две области, весьма значительные по своему объему и удельному весу,— анатомия и техника,, как уже было сказано, почти все в чертежах и рисунках, при которых текст часто сведен до минимума, во всяком случае не играет первостепенной роли. Весьма показательны и поучительны также рисунки, посвященные полету птиц. Трудно сказать здесь, что важнее — рисунок или текст, оба поясняют друг друга; если рисунок иллюстрирует текст, то и наоборот, текст служит комментарием к рисунку.

Заметки Леонардо — не чеканные законченные афоризмы и не безупречно формулированные теоремы. Можно скорее сказать, что мы присутствуем при рождении теоремы, воочию видим все искания и блуждания автора.

Леонардо писал, что природа «неистощима в разнообразии», что «среди деревьев одной и той же породы ни одного не найдется растения, которое вполне походило бы на другое, и не только растения, но и ветвей, и листьев, и плода не найдется ни одного, который бы в точности походил на другой» (стр. 854). Эти строки лучше всего характеризуют образ мыслей Леонардо-натуралиста. В его записях также нет ни одной мысли, в точности похожей на другую. Даже повторяя одну и ту же мысль, он всегда придает ей новые

[1] Ср., например: «И если из-за многих излучин река сделалась бы медленной и тинистой, из-за многих своих излучин, тогда должен бы ты так ее направить, чтобы воды получили достаточное движение и не производили бы разрушения берегов» (стр. 393).

оттенки, мысль развивается, движется, и Леонардо не останавливается перед тем, чтобы зачеркнуть целую страницу, сделав пометку «falso», и пойти по новому, еще неизведанному пути.

Многие заметки фиксируют «на ходу» единичные наблюдения, другие являются памятками, намечающими планы на будущее: «Опиши язык дятла и челюсть крокодила» (стр. 827) и т. п.

Но при всей эскизности записей в манускриптах Леонардо встречаются и подлинные образцы научно-художественной прозы: точность наблюдателя и экспериментатора сочетается с поэтической образностью и эмоциональной выразительностью. Таковы отрывки, где Леонардо говорит о задачах подлинной науки, ее методе и ее природе, где он страстно нападает на схоластов и книжных, кабинетных ученых, на «софистов» и «обманщиков» — алхимиков, искателей perpetuum mobile, хиромантов и «некромантов», т. е. магов и заклинателей. Таковы отрывки, посвященные вопросам геологии, где Леонардо от конкретных единичных наблюдений переходит к величественным картинам геологического прошлого, когда Италия была покрыта морем, когда «вершины Апеннин стояли в этом море в виде островов, окруженных соленой водой» (стр. 464). Таковы вдохновенные строки, которые рисуют облик Леонардо-исследователя, пытливо вглядывающегося в еще непознанные тайны природы (стр. 407—408).

Огромной выразительности и пластичности Леонардо достигает там, где говорит о природе в целом, о таких общих категориях, как время, тяжесть, сила, движение, удар, импульс.

Леонардо-наблюдатель, Леонардо-экспериментатор и Леонардо-исследователь общих законов неотъемлемы друг от друга. Леонардо не просто подмечает с зоркостью художника-реалиста отдельные конкретные явления, он всегда стремится проникнуть к общему закону. Под абстрактной формулой просвечивает конкретное, и наоборот, в живом полнокровном организме просвечивает костяк механических схем и в живом теле проступают системы рычагов. Та легкость, с которой Леонардо переходит от общих формул механики к конкретному — к конькобежцам, скользящим по льду, или к человеку,

спускающемуся со ступеньки на ступеньку, свидетельствует об этом с особой яркостью. Его рукописи содержат множество точных и метких наблюдений над полетом птиц, мухи, а также запись для памяти: «Чтобы увидать летание четырьмя крыльями, пойди во рвы Миланской крепости и увидишь черных стрекоз» (стр. 593). И вместе с тем, определяя птицу как «действующий по математическому закону инструмент» (стр. 596), Леонардо возводит единичные наблюдения на высоту широкой научной абстракции.

Весьма знаменательно и характерно, что Леонардо вел свои научные записи на итальянском языке. Его научная мысль развивалась в формах родного языка, а не в обветшалых формах традиционной школьной латыни, доступной лишь узкому замкнутому кругу ученой касты. Разработка научного итальянского языка вела к тому, чтобы сделать науку более близкой народу, теснее связать ее с жизнью.

В тех записях Леонардо, которые нам известны и которые были только что охарактеризованы, сплошь и рядом встречаются ссылки и указания на собственные произведения иного рода. Так, мы находим здесь ссылки на 4-е положение 113-й книги о вещах природы (стр. 667), упоминание о 120 книгах по анатомии (стр. 763) и т. д. Как в рукописях, так и в «Трактате о живописи» встречаются постоянные ссылки на то или иное положение такой-то книги. Эти ссылки уже давно интригуют исследователей. Их толковали как указание на задуманные, но не осуществленные труды; но откуда тогда такая определенность в нумерации? А если книги были написаны, то чем объясняется странный разнобой в ссылках?[1]

[1] Например, положение «поверхность каждого тела причастна цвету противостоящего ему предмета» обозначается в «Трактате о живописи» как 1-е положение IV книги (§ 767), как 4-е положение «этой» книги (§ 196, 781), как 3-е положение IX книги (§ 708), как 7-е положение IX (§ 631), как 9-е положение (§ 438b, 762), как 11-е положение (§ 467) неуказываемой книги и т. д.

Иногда эти положения конкретизируются применительно к контексту. Например, положение 4-е неизвестной книги формулировано в § 518 в общей форме: «Из цветов, равных по природе, более удаленный больше окрасится цветом среды, находящейся между ним и глазом, его видящим» (ср. также § 786). А в

Можно предполагать, что кроме записных книжек, так сказать «стенографировавших» наблюдения Леонардо, у него должны были быть книги, которые регистрировали обобщенные итоги наблюдений. Что Леонардо переносил свои записи из одной книжки в другую, явствует из приведенного выше отрывка («...которые переписал я здесь»). Это подтверждают и многие перечеркнутые записи, перечеркнутые именно потому, что были переписаны в другом месте (см. стр. 872). Но ссылки на 2-ю, 3-ю, 4-ю и т. д. книги, встречающиеся в рукописях, нельзя толковать как ссылки на подобные обобщающие сводки. Этому противоречат (кроме разнобоя) ссылки на «эту» книгу, «настоящую» книгу (questo libro), т. е. ту рукопись, которую мы имеем перед собою и в которой подобных нумерованных положений нет[1]. Очевидно, это просто прием Леонардо, стремившегося показать, что в данном случае он опирается на то или иное ранее доказанное положение, которое в данном контексте уже предполагается доказанным[2].

Как бы то ни было, известные нам рукописи Леонардо — по большей части записные книжки, которые он носил с собою и в которые он вписывал то, что видел, о чем думал и читал.

Уже давно справедливо было указано, что дошедшие до нас заметки Леонардо — не только плод самостоятельных изысканий художника и ученого, но и след разнообразных его чтений. Как, явствует хотя бы из труда Сольми, посвященного источникам Леонардо[3], круг чтения великого ученого был достаточно своеобразен.

§ 508 положение перефразировано: «Естественный цвет того погруженного в воду предмета больше преобразится в зеленый цвет воды, который имеет наибольшее количество воды над собою».

[1] Исключение представляет трактат о преобразовании тел, помещенный на стр. 33—68.

[2] Заслуживает в этом отношении внимания отрывок А, 31, помещенный нами на стр. 275 и позволяющий до некоторой степени заглянуть в лабораторию творческой мысли Леонардо, увидать, как он мыслил соотношение между общим тезисом и единичным наблюдением.

[3] E. Solmi. Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci. Torino, 1908 (Giornale storico della letteratura italiana). Сольми был одним из первых,

Книги, им читанные, в большинстве случаев отнюдь не входили в состав библиотеки гуманиста, да и не всякого ученого его времени. Останавливаясь только на более крупных именах, мы видим здесь: из древних — Аристотеля, Клеомеда, Птолемея, Страбона, Плутарха, Архимеда, Герона, Евклида, Галена, Витрувия, Плиния; из средневековых ученых Востока — Ибн Сину (Авиценну)[1], ал-Кинди, Табита ибн Курра; из западноевропейских ученых — Альберта великого, Альберта Саксонского, Витело, Пекама, Иордана Неморария, Винцента из Бовэ. Упомянем, наконец, отдельно итальянцев — Пьетро д'Абано, Брунетто Латини, Биаджо Пелакани, Леон-Баттисту Альберти. Леонардо записывает, в какой библиотеке или у кого из знакомых есть та или иная книга. «Внук Джан-Анджело, живописец, имеет книгу о воде, которая принадлежала его отцу» (С. А., 225); «У мессера Виченцо Алипландо, проживающего близ гостиницы Корсо, есть Витрувий Джакомо Андреа» (К, 109об.); «Архимед есть полный у брата монсиньора ди С. Джуста в Риме» (С. А., 341об.); «Витолон в Сан-Марко» (С. А., 225)[2].

Собственные наблюдения и выводы дополнялись расспросами сведущих людей. Записные книжки Леонардо полны памятками вроде следующих: «Спроси Бенедетто Портинари, каким образом катаются на льду во Фландрии» (С. А., 225); «Найди мастера по водным сооружениям и заставь рассказать о средствах защиты против воды и что они стоят» (там же). Сведения, полученные путем расспросов сведущих людей по самым различным отраслям науки и техники, не менее многочисленны, чем выписки из книг. Леонардо интересуется, как строят плотину во Фландрии (стр. 393), как водолазы

кто подверг источники Леонардо всестороннему систематическому изучению. За указанным трудом последовали его «Nuovi contributi alle fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci», Giornale storico della letteratura italiana, t. 58 (1911), стр. 297—358.

[1] В одной из записей читаем: «Fa tradurre Avicenna» — «вели перевести Авиценну» (стр. 28). Ссылки на Авиценну встречаются и в других местах рукописей. Ср. ниже, стр. 1011.

[2] Ср. стр. 27—28.

добывают жемчуг в Индии (В, 18), он собирается узнать у географа-путешественника Бартоломео Турко о приливах в Черном и Каспийском морях (стр. 466).

Мы только что сказали, что Леонардо внимательно читал античные и средневековые научные трактаты. Но ни один автор средневековых трактатов по механике не ставил тех больших экспериментальных задач, которые ставил Леонардо. Движение ядра, летание птиц — закономерности всех этих явлений Леонардо пытался проверить на опыте, путем тщательных наблюдений или заранее продуманных экспериментов.

* * *

Чем более мы углубляемся в изучение научного наследия Леонардо, тем более поражаемся величию его мысли и неистощимой изобретательности его гения. Между тем, начиная с первых годов XX в. в буржуазной литературе все отчетливее стала проявляться тенденция развенчать Леонардо и умалить его научные заслуги. Я остановлюсь только на трех именах: Пьера Дюэма (1906—1914), Леонардо Ольшки (1918) и Линна Торндайка (1941).

Апологет католицизма, физик Дюэм во что бы то ни стало пытался доказать, что новоевропейская наука возникла не в период открытой борьбы с церковью, а мирно произросла «под сенью церкви», бок о бок со средневековой схоластикой. Дюэм объявлял итальянский Ренессанс «наследником парижской схоластики»[1] и, как видно из его писаний, т о л ь к о наследником схоластики[2].

---

[1] «Études sur Leonard de Vinci», t. II, P., 1908, стр. III—IV. Здесь автор утверждал, что в лице Леонардо да Винчи «резюмируется и конденсируется весь интеллектуальный конфликт, благодаря которому итальянский Ренессанс станет наследником парижской схоластики».

[2] Более подробную критику этих взглядов см. у В. П. Зубова в докладе «Концепции Дюэма в свете новейших исследований по истории естествознания» (Труды совещания по истории естествознания 24—26 декабря 1946 г. М.—Л., 1948, стр. 94—110).

Своему тезису Дюэм придал видимость доказательности, опираясь на порочный научный метод. Характерен подзаголовок его трехтомных «Этюдов о Леонардо да Винчи»[1]: «Те, кого он читал, и те, кто его читали». Книги были для Леонардо одним из источников познания действительности, отнюдь не единственным. Леонардо интересовался всем. Дюэм превратил Леонардо из homo sapiens в homo legens — из человека мыслящего в человека только читающего. За книгами не видно новой эпохи, не видно лица Леонардо. История для Дюэма — огромный читальный зал, в котором один ученый читает сочинения другого. А отсюда делалось заключение, что Леонардо, читавший некоторые произведения схоластов XIV в., был «наследником» парижской схоластики и простым передаточным звеном между средневековой наукой и наукой XVI—XVII вв.

Дюэм совершенно не учел, что те произведения ученых XIV в., которые привлекали особенное внимание Леонардо (Альберт Саксонский и др.), создались в период кризиса средневековой схоластики и должны рассматриваться не как ее органическое продолжение, но как симптом ее конца.

Субъективно-идеалистический взгляд на природу научной теории заставил Дюэма a limine, с порога, отвергнуть возможность вторичного открытия заново ранее открытых объективных законов, открытия их путем непосредственного наблюдения объективной действительности. Исследуя лишь преемственность представлений, Дюэм вынужден был старательно выискивать промежуточные звенья в виде ничтожных забытых сочинений, в действительности не оказавших никакого влияния на последующий ход развития науки. Каждый случай вторичного открытия заново он вынужден был рассматривать либо как результат литературного влияния, либо как прямой плагиат. Отсюда — преувеличенное внимание

---

[1] «Études sur Leonard de Vinci. Ceux qu'il a lu et ceux qui l'ont lu». P., 1906—1914, три тома. «Этюды» первоначально печатались в католическом журнале «Revue des questions scientifiques».

к «тем, кого Леонардо читал» и к «тем, кто его читали». Отсюда получалось, что Бенедетти, формулируя правило моментов и закон коленчатого рычага, непременно должен был их вычитать в манускриптах Леонардо, а Леонардо в свою очередь вычитать их из сочинений Иордана Неморария. Дюэм не допускал мысли, что инженер Бенедетти мог самостоятельно дойти до этих принципов, исходя из действительности и поверяя свои открытия практикой. Вот почему Дюэму и не удалось понять научное наследие Леонардо в надлежащей исторической перспективе, определить его действительное отношение к «тем, кого он читал» и к «тем, кто его читали».

Открытая попытка развенчать Леонардо-ученого была сделана в 1918 г. Леонардо Ольшки[1]. Фрагментарность Леонардовых записей дала повод Ольшки говорить о хаотичности мышления. По его словам, «беспорядок рукописей Леонардо не представляет вовсе какой-то провизорной стадии», он является выражением и отражением самого существа Леонардо — мыслителя и ученого. По словам Ольшки, Леонардо «решительно недоставало методического сознания», у него не было «логической строгости» и т. д. Леонардо, по Ольшки, не усматривал связи между явлениями, он ограничивался «только констатированием фактов», сознательно ограничивал себя «одними фактами». В результате Леонардо — «позитивист» и «агностик». Но, поучает Ольшки, «нельзя построить науки из одних лишь частностей, нельзя развить ее без руководящих идей и без метода, как это пытался сделать Леонардо».

Подход Ольшки к глубокому и сложному наследию Леонардо — подход в самом существе своем внешний, подход стороннего

---

[1] L. Olschki. Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Literatur. Bd. I. Heidelberg, 1918. Русский перевод: Л. Ольшки. История научной литературы на новых языках. Т. I. Литература техники и прикладных наук от средних веков до эпохи Возрождения. М.—Л., 1939. См. раздел II, Леонардо да Винчи, стр. 162—262.

наблюдателя. Невольно напрашивается сравнение с рассказом простодушного современника, который наблюдал со стороны за поведением великого мастера, работавшего над «Тайной вечерей». «Он также часто имел обыкновение — и я много видел и наблюдал его — рано утром влезать на помост, ибо «Вечеря» расположена довольно высоко над землей, и от восхода солнца до сумерек не выпускать кисти из рук и, забыв о еде и питье, беспрерывно писать. Затем могло пройти два, три и четыре дня, в течение которых он не брался за работу, или же он проводил около картины один, два или три часа в день, но только созерцал ее, рассматривая и внутренне обсуждая ее, оценивая свои фигуры. Я видел также, как, в соответствии с тем, что ему подсказывал его каприз или что ему взбрело в голову, он уходил в полдень, когда солнце находится в созвездии Льва, со старого двора, где он делал из глины своего удивительного коня, и шел прямо к монастырю делле Грацие, там влезал на помост, брал кисть, делал один или два мазка на одной из фигур и тотчас же уходил и шел в другое место»[1].

Такое описание Леонардо не дает возможности проникнуть в душу великого художника. Но чем иным является характеристика, данная Ольшки, как не таким же описанием чисто внешних признаков рукописного наследия Леонардо? Разница та, что автор XV века более скромен и не делал из своего описания вывода, что Леонардо вовсе не был великим художником.

Ольшки не увидел внутренних логических связей между записями Леонардо. Действительно, при поверхностном подходе такая, например, запись Леонардо может произвести впечатление вопроса, порожденного простой любознательностью, простым любопытством, — вопроса, брошенного мимоходом и нерешенного: «Если трубочист весит 200 фунтов, какую силу он производит ногами и спиной

---

[1] См. L. B e l t r a m i. Documenti e memorie riguardanti la vita e le opere di Leonardo da Vinci in ordine cronologico. Milano, 1919, стр. 43—44 (выдержки из вступления к 58-й новелле I части «Новелл» Банделло).

о стенки трубы?» (Forst., III, 19об.). Но это не так, если сопоставить приведенный текст с записью другого времени, раскрывающей, почему именно Леонардо мог заинтересоваться подобным вопросом. Леонардо говорит здесь об изогнутых концах птичьих крыльев, помогающих птице держаться в воздухе. «Мы видим, что так делают трубочисты» и т. д. (Е, 36; см. стр. 504 настоящего издания). Нет сомнения, что оба отрывка логически связаны друг с другом, что вопросы, касающиеся трубочиста, связаны с наблюдениями Леонардо над полетом птиц и в конечном итоге — с его конструкторскими исканиями в области авиации.

Отрицая обобщающую работу мысли у Леонардо и превращая его в голого сенсуалиста, накапливавшего беспорядочную груду неосмысленных фактов, бесконечное множество «моментальных фотографий», Ольшки не сумел правильно оценить и научное значение анатомических рисунков Леонардо. Он свысока говорит о «скрупулезно точном изображении наблюденных фактов с помощью рисунка», отмечая, что только в редких случаях мы имеем дело со словесным описанием. Между тем эти рисунки — не простые зарисовки единичных наблюдений. Они — документы, свидетельствующие об огромной силе научной обобщающей мысли. Леонардо пишет, что для правильного и полного понятия о «нескольких немногих жилах» он произвел рассечение более десяти трупов, «разрушая все прочие члены, уничтожая вплоть до мельчайших частиц все мясо, находившееся вокруг этих жил, не заливая их кровью, если не считать незаметного излияния от разрыва волосных сосудов». «И одного трупа,— продолжает он,— было недостаточно на такое продолжительное время, так что приходилось работать последовательно над целым рядом их, чтобы получить законченное знание; и это я повторил дважды, дабы наблюсти различия» (стр. 763).

Столь же ошибочна оценка определений по аналогии, которые так часто встречаются у Леонардо. Аналогии были для Леонардо средством установить между явлениями те самые связи, в игнорировании которых Ольшки его упрекал. Для Ольшки аналогии

Леонардо — проявление недисциплинированного поэтического ума. «Естествоиспытатели,— поучает Ольшки,— должны были еще научиться быть меньше поэтами и желать меньше казаться чародеями; они должны были научиться выводить из естественных посылок необходимые заключения по железным законам логики, а не по прихотям фантазии»[1].

В дальнейшем, в комментариях (стр. 977, 984 и др.) мы будем иметь случай раскрыть действительную роль метода аналогий у Леонардо, их действительный смысл. Нет спора, что некоторые аналогии ученого XV в. оказались фантастичными перед судом науки XX в. Но именно аналогии играли особенно плодотворную роль в период формирования новой науки. Нельзя не вспомнить восторженных слов другого представителя Возрождения, Иоганна Кеплера, который называл аналогии «самыми преданными своими наставницами, воочию являющими нам всю сущность какого-либо предмета». Кеплер писал : «Да, я люблю, очень люблю аналогии, самых преданных моих наставниц, сопричастниц всех тайн природы. И в геометрии должно следовать им особенно, ибо хотя они путем странных словесных оборотов объемлют бесконечное число случаев, заключающихся между крайними их пределами и серединой, но зато воочию являют нам всю сущность какого-либо предмета»[2].

Примером такого плодотворного пользования аналогиями является рассмотрение конических сечений: от прямой Кеплер через бесконечное число гипербол переходит к параболе, далее — через бесконечное число эллипсов к кругу и заключает: «Итак, противоположные термины — круг и прямая, там — чистая кривизна, здесь — чистая прямизна. Находящиеся в промежутке гипербола, парабола, эллипс причастны и прямому и кривому: парабола — в одинаковой мере, гипербола — более причастна прямизне, эллипс—

---

[1] Указ. соч., стр. 210.

[2] I. Kepler. Paralipomena in Vitellonem. Opera omnia, vol. II. Francofurti et Erlangae, 1859, стр. 186—187.

более кривизне». Определения круга как многоугольника с бесконечным числом сторон, касательной как секущей, обе точки пересечения которой совпадают, и т. д.,— все подобные определения, сближавшие друг с другом разъединенные понятия, имели огромное значение в истории науки Ренессанса.

Требование законченно-стройной системы в период начального становления новой экспериментальной науки, в период стремительного накопления новых фактов является столь же антиисторичным, как и игнорирование истинного смысла аналогий. Ольшки по существу толкает Леонардо назад к схоластике, толкает в тот момент, когда человек Возрождения впервые вырывался из ее плена, стремясь постичь действительность во всем конкретном разнообразии и во всей целостности. Леонардо еще не выступал против схоластики с оружием систематических трактатов о методе, как мыслители XVII в.— Бэкон с «Новым органоном», Декарт с «Discours de la méthode». Но это не значит, что у Леонардо не было метода. Ольшки видит хаос там, где на самом деле титаническая, сложная натура Леонардо упорно овладевала сложностью конкретной действительности. Прежде чем в обобщенной форме изложить черты нового научного метода, нужно было научиться в и д е т ь действительность во всем богатстве. Мы уже приводили отрывок, в котором Леонардо заявлял, что природа неистощима в своем разнообразии, что «среди деревьев одной и той же породы не найдется ни одного растения, которое вполне походило бы на другое, и не только растения, но и ветвей, и листьев, и плода не найдется ни одного, который бы в точности походил на другой» (стр. 854). Это заявление не мешало Леонардо искать общего закона, того, что он называл regola или ragione[1].

Приведенные слова Леонардо да Винчи, столь характерные для ученого эпохи Возрождения, перекликаются со словами великого его соотечественника Джордано Бруно: «Разнообразны члены мира. Разнообразны виды в членах мира. Разнообразны в видах

[1] См. стр. 942.

фигуры индивидуумов. Ибо одно масличное дерево не вполне одинаково с другим по своей конфигурации и один человек не вполне подобен другому. Итак, все различается в меру своей способности посредством отличий, одно от другого, и все отграничивается отличительными признаками от всего, словно рубежами. Испытывай же, сообразуясь с природой, различие во всем — в способе существования, в величине, в форме, в фигуре, в нраве, в привычке, в пределе, в положении и оделяй, насколько можешь, отличительными чертами, изменяя в деянии, страдании, разрастании, обладании, убывании, прибывании и других модификациях так, как мы сказали»[1]. Наконец, неверно, будто Леонардо да Винчи питал «отвращение ко всякого рода силлогизмам»[2]. Леонардо, как и всякий нормально мыслящий человек, прекрасно пользовался силлогизмами там, где это было нужно — в полемике с противниками, в борьбе с обветшалыми взглядами. Он умел неотразимой и неумолимой логикой разрушить представления «некромантов» о существовании духов в природе, довести до абсурда представления астрологов о возникновении окаменелостей или библейское сказание о всемирном потопе. Средствами дедукции он уничтожал пифагорейское представление о звучащих небесных сферах (стр. 758). Но там, где речь шла об открытии новых фактов и их исследовании, там одного силлогизма было мало, там нужно было искать, ставить вопросы и поверять свои догадки на опыте. Там великим шагом вперед было нередко уже простое подведение того или иного факта под ту или иную группу или класс явлений. Доказательством в данном случае был п о к а з, что тот или иной общий закон действительно охватывает данное частное явление, или, наоборот, определенное явление есть частный случай именно этого, а не иного закона.

Третья, наиболее, я бы сказал, беззастенчивая и развязная попытка развенчать Леонардо была сделана медиевистом Лин-

[1] Gio. B r u n o. Ars memoriae.— Opera latine conscripta. Vol. I, pars I, Neapoli, 1856, стр. 75.

[2] О л ь ш к и. Указ. соч., т. I, стр. 195.

ном Торндайком в 1941 г. В своей шеститомной «Истории магии и экспериментальной науки»[1] он посвятил одну главу Леонардо, по объему меньшую, чем глава, посвященная такому «важному» вопросу истории науки, как взгляды третьестепенного итальянского ученого XVI в. Агостино Нифо на природу демонов[2]. Торндайк, разумеется, подхватывает и развивает мысли Дюэма и Ольшки. Для него также все основное у Леонардо восходит к средневековью, а наука Леонардо представляет собою беспорядочный хаос. Но он идет еще дальше: намекает, что и техническое изобретательство Леонардо должно быть оценено в свете «весьма обширной предшествующей литературы». Мы видим, что Дюэмовский принцип «те, кого Леонардо читал» переносится и в технику. Никакой развернутой аргументации этого тезиса не дается, да и не может быть дано. Нельзя же считать таковой простое упоминание о написанных в 1449 г. (за три года до рождения Леонардо) десяти книгах Мариано ди Джакомо Таккола о машинах. Таккола писал о машинах, и Леонардо писал о них же. Что же из этого следует? Что Леонардо не был изобретателем? Нельзя считать серьезным доказательством и заявление, что рецепты красок Леонардо «походят» на рецепты, имеющиеся в средневековых книгах о красках, поскольку хорошо известно неустанное новаторское экспериментирование Леонардо с красками, лаками и т. д.

Чтобы окончательно умалить значение Леонардо, Торндайк передвинул рассмотрение его творчества в 5-й том, посвященный XVI веку. Творчество Леонардо было, таким образом, искусственно изъято из XV века; тем самым оказалось обедненным это столетие, что облегчило автору прославление предшествующего XIV столетия. В результате фигура Леонардо совершенно пропала и затерялась, Леонардо превратился у Торндайка в какого-то эпигона пятнадцатого века, еще недошедшего до шестнадцатого.

---

[1] Lynn Thorndike. A history of magic and experimental science. Vol. V, New York, 1941.

[2] Глава 2 (Leonardo da Vinci, «the magician of the Renaissance») занимает стр. 16—36, глава 3 (Nifo and demons) — стр. 69—93.

Весьма странны ссылки Торндайка на выписки об аспидах, пеликанах и т. п., сделанные Леонардо из средневековых бестиариев, как на доказательство зависимости его от средневековья, во-первых, и того, что Леонардо не основывался в своей науке на собственном опыте, во-вторых. Как будто Леонардо воспринимал эти сказочные повествования всерьез, в качестве ученого, а не записывал их как возможные темы для будущего живописного или литературного произведения или же как материал для праздничных феерий и маскарадов! Торндайк, очевидно, считает, что к истории животного мира относится такое указание Леонардо: «Славу нужно живописать всю целиком покрытую языками вместо перьев и в форме птицы» (H, 22об.).

Эти три примера достаточно ярко иллюстрируют упадок, который характеризует реакционную буржуазную идеологию. В интересах буржуазии доказать, что наука развивалась без потрясений под сенью средневековой церкви, ей становятся ненавистны действительные борцы за свободу мысли, разрушители вековых авторитетов. Концепция Возрождения как нового передового этапа в истории Европы подвергается яростным атакам реакционных историков науки и искусства[1]. В тех случаях, когда такие авторы готовы «принять» Леонардо, они фальсифицируют его исторический образ, вытравляя в деятельности великого художника и ученого все новаторское и революционное, изображая его «по своему образу и подобию» как декадента, мага, религиозного мыслителя и т. д.

Как непохожи на это слова Ивана Петровича Павлова: «Прорвавшейся страстью дышит период, недаром названный эпохой Возрождения, период начала свободного художества и свободной исследовательской мысли в новейшей истории человечества. Приобщение к этой страсти всегда останется могучим толчком для теперешней

---

[1] Ср. об этом статью В. Н. Лазарева. Против фальсификации истории культуры Возрождения. Сб. «Против буржуазного искусства и искусствознания». М., 1951, стр. 106—128.

художественной и исследовательской работы. Вот почему художественные и научные произведения этого периода должны быть постоянно перед глазами теперешних поколений и, что касается науки, в доступной для широкого пользования форме, т. е. на родном языке»[1].

В своем обращении к народам мира от 19 февраля 1952 г. председатель Всемирного Совета Мира Фредерик Жолио-Кюри призвал отметить 500-летие со дня рождения Леонардо да Винчи, «деятеля искусства, многосторонние дарования которого выразились одновременно в шедеврах живописи и в его творческой мысли, явившейся предвестницей современных изобретений». В обращении указывалось: «У народов есть общее достояние, каким являются великие произведения науки, литературы и искусства, сохраняющие в течение веков отпечаток гения. Это культурное наследие является для человечества неиссякаемым источником. Оно позволяет людям различных эпох узнавать друг друга, улавливать в настоящем связывающую их нить. Оно открывает перед ними перспективы всеобщего согласия и понимания. Оно ежеминутно утверждает в них веру в человека в момент, когда более чем когда-либо необходимо взаимопонимание»[2].

В одном из отрывков Леонардо читаем следующие строки: «О время, истребитель вещей, и старость завистливая, ты разрушаешь все вещи, и все вещи пожираешь твердыми зубами годов, мало-помалу, медленной смертью!» (С. А., 12об. а). И как бы репликой на этот отрывок, звучит афоризм: «Истина была единственной дочерью времени» (М, 58об.)[3]. По прошествии веков сила научной мысли Леонардо продолжает поражать своей глубиной и универсальностью. До настоящего времени не потеряли своего сияния и блеска идеи Леонардо да Винчи, великого гуманиста, бесстрашно

[1] И. П. Павлов. Предисловие к русскому переводу книги Везалия, 1936. Полное собрание трудов, т. V. М.—Л., 1949, стр. 316.

[2] См. газ. «Правда» от 22 февраля 1952 г.

[3] См. стр. 83.

защищавшего свободу человека и свободу науки от человеконенавистников своего времени, от изуверов и мракобесов. И сегодня прогрессивному человечеству остался попрежнему близок образ Леонардо — передового борца за науку, одного из основоположников нового экспериментального естествознания, ученого-инженера, стремившегося не только к постижению, но и к творческому преобразованию действительности.



КОММЕНТАРИИ

К заставке в начале книги

[1] Воспроизведенное на титуле изображение компаса принадлежит к серии аллегорических и эмблематических рисунков Леонардо да Винчи и находится в Виндзорском собрании (W, 12701). Оно имеет лаконичную подпись: «Destinato rigore» (Устремленное к цели упорство). Параллелью к этому рисунку является изображение плуга с подписью: «Ostinato rigore» (Настойчивое упорство). Оно воспроизведено на титульном листе настоящего издания.

Повидимому, первыми эскизами к указанным рисункам были два наброска того же собрания (W, 12282), сопровождаемые следующим текстом:

«Препятствие не сгибает меня.

Всякое препятствие разрушается упорством.

Не оборачивается тот, кто устремлен к звезде».

Последняя строка взята эпиграфом к настоящему изданию, так как прекрасно характеризует все научное творчество Леонардо.

Образ компаса был использован Леонардо и в другом месте в качестве символа «хорошей теории», на которой должна быть основана всякая практика (стр. 23).

Интересно, что Леонардо-физик уделил сравнительно мало внимания явлениям магнетизма. Одним из немногих отрывков является приводимый ниже:

«Определить северную сторону магнита. Если хочешь найти ту часть магнита, которая возникла обращенной к северу, постарайся достать широкий сосуд и наполни его водой. На эту воду поставь деревянную чашку, положив в нее магнит, без какой-либо другой воды. Он будет плавать, как в лодке, и сразу же, благодаря своей притягательной силе, повернется к Полярной звезде и к ней будет двигаться; повернувшись сначала вместе с чашкой к этой звезде, он будет двигаться по воде и остановится у края сосуда указанной северной своей стороной и т. д.» (E, 2).

Об истинной и ложной науке

В отличие от специальных отраслей естествознания (механики, оптики, анатомии и т. д.), в записях Леонардо да Винчи нет указаний на то, чтобы он написал (или собирался написать) какой-либо общий трактат о научном методе, что-либо подобное «Новому органону» Френсиса Бэкона или «Рассуждению о методе» Декарта. Но это не значит, что у Леонардо да Винчи отсутствовало четкое представление о научном методе и задачах науки. Выше (стр. 905 и сл.) мы охарактеризовали основные убеждения Леонардо-естествоиспытателя. В разделе «Об истинной и ложной науке» сгруппированы важнейшие высказывания его по этому предмету. Настоящие комментарии преимущественно посвящены разъяснению отдельных терминов.

По своей форме бо́льшая часть отрывков представляет собой краткие афоризмы или страстные лаконичные записи, направленные против врагов науки. Несколько особняком стоят два наиболее крупных по объему фрагмента, помещаемых здесь. Они весьма различны по своему характеру и стилю. Первый посвящен доказательству невозможности существования духов в природе (стр. 15—19). Он производит впечатление отрывка из полемического трактата, логически строгого и последовательного. Полную противоположность представляет другой большой фрагмент (стр. 20—23). Он носит характер дневниковой записи, сделанной под непосредственным впечатлением только что пережитого. Все переходы мысли здесь не столько логические, сколько эмоциональные. От одной темы Леонардо переходит к другой, хотя вместе с тем аффективная напряженность отрывка создает впечатление большой цельности. Леонардо явно полемизировал здесь с каким-то определенным лицом, имени которого мы не знаем.

Высказывания великого итальянского ученого о научном методе встречаются в его рукописях не только в виде фрагментарных самостоятельных афоризмов, собранных в настоящем разделе, но часто вкраплены и в специальные естественнонаучные рассуждения. Читатель найдет их в других разделах нашего издания. Так, говоря о ветре, Леонардо путем конкретных примеров показывал, каким образом «следствия на опыте раскрывают нам природу своих причин» (стр. 478). Наоборот, из причин (из тех или иных положений птиц) можно постичь следствия (т. е. вытекающие отсюда движения их; см. стр. 541). Точно так же, говоря об отраженном ударе (стр. 287), Леонардо обобщал: «Природа причин становится явной из их действий, а из причин становится явной природа действий». Рассматривая вопрос о подвешенных тяжестях, Леонардо говорил о соотношении опыта и разума (стр. 150), в связи со зрительным восприятием (стр. 728)— об опыте, который порождается законом. В связи с явлениями удара Леонардо высказал ряд методологических соображений общего характера, касающихся порядка изложения научных истин (стр. 275), и т. д. Нельзя

не обратить внимания и на те глубокие размышления о природе времени, которые сгруппированы нами на стр. 82—83, вслед за отрывком: «Напиши о свойстве времени отдельно от геометрии». Они особенно наглядно иллюстрируют, как свободно Леонардо переходил от абстрактного к конкретному, как тесно переплетались у него разные аспекты проблемы.

«Все наше познание начинается с ощущений (sentimenti)», заявлял Леонардо (стр. 10)[1]. Следует помнить, что для Леонардо ощущепие — физический процесс взаимодействия между материальными телами. Вот почему выражения sensibile и insensibile применялись им к таким явлениям, как удар и тому подобные взаимодействия между физическими вещами: колокол сохраняет «чувственное впечатление» в отличие, например, от зеркала (стр. 228).

Для неощутимых и невоспринимаемых чувствами материальных свойств Леонардо пользовался часто термином spirituale, который мы передаем дословно — духовный. Что spirituale не означало, однако, у Леонардо некую духовную сущность, явствует из таких выражений, как «духовные и телесные линии» (стр. 153), т. е. линии абстрактно-математические (абстрагированные от материи) и линии, существующие физически. Это явствует также из определения силы (forza) как «духовной способности, незримой мощи» (стр. 96)[2], наконец, из противопоставления «духовных» (т. е. легких, летучих) и материальных (более тяжелых и грубых) частиц (стр. 449). Когда Леонардо говорит о «духовном движении», вздувающем мышцы животных (стр. 98), здесь слышатся отзвуки античио-средневекового учения о пневме (spiritus), тончайшем материальном веществе. «Духовными потенциями» называет Леонардо звуки и запахи (стр. 644).

Что касается понятия души (anima), оно охватывало у Леонардо совокупность наиболее сложных произвольных движений человека и животных (ср. стр. 596 и 839), а также означало начало целесообразности в организме (ср. о «душе» рыбы, стр. 851). «Душа» тесно связывалась у Леонардо с теплотой (стр. 736). Для материалистической направленности Леонардо весьма характерны его слова о том, что душа «неохотно разлучается с телом» (стр. 851). Заслуживают внимания слова о душе и жизни, как «вещах недоказуемых»: приступая к описанию функций глаза на основе опыта, Леонардо противопоставлял свой метод методу древних, стремившихся «определить, что такое душа и

---

[1] Sentimenti, как и sensi, мы передаем словом «ощущения», а не «чувства», за исключением таких словосочетаний, как органы чувств и общее чувство (senso commune).

[2] Здесь, конечно, в первую очередь имелась в виду невесомость силы, присущей материальному телу. Ср. там же: «... бестелесная, невидимая, говорю, потому что тело, в котором она родится, не увеличивается ни в весе, ни в объеме».

жизнь, вещи недоказуемые, тогда как то, что в любое время может быть ясно познано и доказано опытом, было в течение стольких столетий незнаемо и ложно истолковываемо» (стр. 707). Трактуя о влиянии психики матери на состояние младенца в матке, Леонардо иронически предоставлял «остальную часть определения души уму братьев, отцов народных, которые наитием ведают все тайны» (стр. 841).

Философские воззрения Леонардо нельзя характеризовать как односторонний сенсуализм (ср. стр. 906). Заявляя, что «все наше познание начинается с ощущений», Леонардо да Винчи требовал логической обработки показаний чувственного опыта, их поверки разумом. По его словам, нужно научиться понимать, как опыты обманывают тех, кто не постиг их природы, ибо опыты, казавшиеся часто тождественными, оказывались часто весьма различными (стр. 226). Леонардо требовал производить опыт два или три раза, прежде чем вывести общий закон (стр. 207; ср. стр. 251).

Термин з а к о н п р и р о д ы еще не установился во времена Леонардо и не получил еще широкого распространения. В значении закона природы Леонардо пользовался термином regola (правило). Так, он называл необходимость «вечным законом (regola)» природы (Forst. III. 43об.; стр. 11). Отрывок, посвященный «прерывному и непрерывному рычагу» (С. А., 153об. d), Леонардо заканчивает словами: «И это отвечает законам природы (regole di natura), а потому не может быть избегнуто» (стр. 148).

Близко к понятию закона леонардовское понятие ragione, которое обозначало у него причину, как «разумное основание», т. е. как закономерность явления. Так надо понимать слова Леонардо: «Нет действия в природе без причины (ragione); постигни причину, и тебе не нужен опыт» (стр. 253). Это значит, что, по Леонардо, познание общей закономерности явления проникает гораздо глубже в существо вещей, нежели простая регистрация отдельных частных случаев того же явления.

Метод Леонардо был прекрасно определен им самим в следующем отрывке, посвященном «составным весам», а потому помещенном нами в разделе «Механика»: «Сначала я сделаю некий опыт, прежде чем пойду дальше, ибо мое намерение сначала привести опыт, а затем посредством рассуждения доказать, почему данный опыт вынужден протекать именно так. И в этом истинное правило того, как должны поступать изыскатели естественных действий. И хотя природа начинает с причины (ragione) и кончает опытом, мы должны идти обратным путем, начиная (как я выше сказал) с опыта, и с ним изыскивать причину» (стр. 164).

Причина (ragione)— в данном случае общий закон. Но вместе с тем ragioni — это те процессы физического мира, прямо недоступные нашим чувствам, о существовании которых мы заключаем на основе показаний чувственного опыта. Вот почему Леонардо считал себя вправе сказать, что «природа полна

бесчисленных причин, которые никогда не были в опыте» (I, 18). Это значит, что существуют причины, о существовании которых мы лишь косвенным образом заключаем по данным чувственного опыта, являющимся их следствием (таковы, например, невидимые глазу атомы). Эти «причины» не даны непосредственно в показаниях чувств, но они и не «восстают против ощущений», как предметы теологии и схоластики (ср. стр. 9).

Трактуя об ударе, Леонардо так определил значение раскрываемых им природных закономерностей: «Если бы ты меня спросил: что́ дают эти твои правила? на что они нужны? Я тебе отвечу: они обуздывают инженеров и исследователей, не позволяя им обещать себе или другим вещи невозможные и прослыть безумцами или обманщиками» (стр. 284).

Источником познания Леонардо считал опыт. Образцом доказательности являлись для него математические доказательства. Опытные данные, обобщаемые и приводящие к открытию закона, должны быть в конечном итоге сформулированы на языке математики; наоборот, общие положения — вновь проверены экспериментально. На фоне или в контексте этих положений уясняется смысл леонардовских терминов dimostrazione и prova. То и другое соответствует русскому слову «доказательство». Однако то и другое имеет у Леонардо существенные смысловые оттенки и различия.

Dimostrazione это прежде всего п о к а з общего правила на частном примере. Dimostrazione означает также подведение частного случая под общий, ранее известный закон, со ссылками на соответствующую книгу и положение, где он формулирован. В таком же смысле употреблялось и слово prova. Но prova означало у Леонардо также «испытание», э к с п е р и м е н т а л ь н у ю проверку на опыте (ср., например, характерный отрывок A, 47; стр. 207).

Вслед за высказываниями общего характера, посвященными науке, приводятся отрывки, относящиеся к творческой биографии Леонардо да Винчи — ученого и техника: записи, содержащие высказывания Леонардо о самом себе; письмо к Лодовико Моро, характеризующее (хотя и неполно) круг его технических знаний к началу миланского периода; наконец, отрывки, позволяющие судить о круге его знакомств и учено-литературных интересов.

[1] (к стр. 12). Текст: «Non mi legga, chi non è matematico nelli mia principi» толковался и переводился различно, в зависимости от того, к чему относили слова nelli mia principi. А именно, если их относить к legga, то придется понимать текст так: пусть не читает основания моей науки тот, кто не является математиком. Если их относить к matematico, текст будет значить следующее: пусть не читает меня тот, кто не является математиком в духе моих принципов, т. е. моим математическим единомышленником. Наконец, ввиду того, что в оригинальной рукописи слова nelli mia principi производят впечатление приписанных к фразе после некоторой паузы, не исключена возможность, что они

означают: в моих «Принципах», т. е. об этом сказано (или будет сказано) в моих книгах «Принципы».

[2] (к стр. 13). См. ниже, на стр. 953, примеч. к стр. 65.

[3] (к стр. 22). Платина, Бартоломео де Сакки (1421—1481) — автор книги «Об угощениях и честном наслаждении» (De obsoniis ac honesta voluptate), напечатанной в Риме около 1473 г. и в Венеции в 1475 и 1498 гг.

[4] (к стр. 26). Трактат Архимеда «О центрах тяжестей» утрачен и известен лишь по упоминанию в комментариях Симпликия к Аристотелю. Леонардо имел здесь, очевидно, в виду знаменитый трактат «О равновесии плоскостей», известный ему по одному из списков.

[5] (к стр. 26). «Historia corporis humani sive Anatomices libri V» Алессандро Бенедетти была напечатана в Венеции в 1495 и 1502 гг. Автор (ум. в 1525 г.) с большим рвением занимался анатомическими наблюдениями, сам производил анатомические вскрытия и вместе с тем был знатоком греческих медиков.

[6] (к стр. 26). Имеется в виду «Quaestio de aqua et terra», приписывавшаяся Данте.

[7] (к стр. 26). Альбертуччо, как и дальше упоминаемый Альберт,— Альберт Саксонский, или Альберт из Гельмштедта, преподававший в XIV в. в Париже. Он комментировал ряд естественнонаучных произведений Аристотеля, повторяя почти дословно Жана Буридана, парижского номиналиста того же столетия. «Quaestiones de coelo et mundo» Альберта издавались несколько раз (Павия, 1481; Венеция, 1492, 1497, 1520). Под сочинением «О счислении» подразумевается, вероятно, «Tractatus de proportionibus», напечатанный в Венеции в 1496 г.

[8] (к стр. 26). Джованни Марлиани (у Леонардо — Марлиано) — лейб-медик герцогов Сфорца, профессор Павийского университета (ум. в 1483 г.). Речь идет о «Quaestio de proportione motuum in velocitate» (напечатана в Павии в 1482 г. в составе первого тома его «Opera»).

[9] (к стр. 26). Гораций (Oratio) — секретарь папы Николая V.

[10] (к стр. 26). Отрывок содержит перечисление ученых людей, группировавшихся вокруг Паоло Тосканелли («Паоло медика»). Ср. стр. 879—880.

[11] (к стр. 26). Иордан — Иордан Неморарий, немецкий математик и механик XIII в. Сочинение его «De ponderibus» было издано в Нюрнберге (1523) и Венеции (1565), т. е. уже после смерти Леонардо. Ср. о нем стр. 961 настоящего издания.

[12] (к стр. 26). «Conciliator» — заглавие сочинения медика-философа Пьетро д'Абано (1250—1316/1318) — «Примиритель разногласий между философами и в особенности между медиками» (первое издание 1471 г.; восемь изданий до 1500 г. и несколько — более поздних).

[13] (к стр. 26). Списки этого сочинения Марлиани до настоящего времени неизвестны.

[14] (к стр. 27). О Фацио Кардано см. стр. 888 настоящего издания.

[15] (к стр. 27). Портинари — крупная купеческая фамилия во Флоренции.

[16] (к стр. 27). Под названием «De proportionibus» ал-Кинди (813—873) было известно во времена Леонардо сочинение, на самом деле ему не принадлежащее и переведенное в средние века Робертом Английским. Написано оно Тебитом-ибн-Курра (см. ниже, стр. 945). Примечания Марлиани до нас не дошли.

[17] (к стр. 27). Печатных итальянских переводов «Метеорологии» Аристотеля во времена Леонардо не было. Имеется в виду какая-то рукопись.

[18] (к стр. 27). См. стр. 995 настоящего издания.

[19] (к стр. 27). Медик при дворе Лодовико Моро, сын Джованни Марлиани (см. выше, стр. 944).

[20] (к стр. 27). Антонио Бойер, архиепископ Буржа.

[21] (к стр. 27). Герцог Валентино — Чезаре Борджа, который присоединил Урбино к Романье. Речь идет о латинском переводе Архимеда, сделанном Вильгельмом из Мербеке (1269). Список, который имеет в виду Леонардо, в действительности был неполным: в нем отсутствовал трактат «О плавающих телах».

[22] (к стр. 27). Кроме рукописей, Леонардо мог видеть и печатные издания Витрувия, в частности фра Джокондо (Венеция, 1511—1513), как явствует из одного рисунка, сделанного по этому изданию, а также первое, вышедшее около 1486 г. Алипландо — знатный миланский меценат, секретарь Лодовико Моро.

[23] (к стр. 27). Сочинение Л.-Б. Альберти «De nave» до нас не дошло.

[24] (к стр. 28). Полагают, что в этой и следующей записи Леонардо имеет в виду «Пневматику» Герона.

[25] (к стр. 28). Специального сочинения Феофраста по этим вопросам до нас не дошло.

[26] (к стр. 28). Заимствовано из написанного около 1460 г. сочинения Р. Вальтурио (1413—1483) о военном деле (De re militari libri XII, Верона, 1472; Болонья, 1483; итал. пер. Верона, 1483).

[27] (к стр. 28). По всей вероятности, «De ponderibus» Иордана Неморария. См. выше, стр. 944.

[28] (к стр. 28). Тебит-ибн-Курра — арабский ученый (836—901), автор сочинения, известного в латинском переводе под названием «Liber Charastonis» и трактующего о механике.

[29] (к стр. 28). Суиссет (правильнее: Суисет)— автор сочинения «Calculator» (середина XIV в.). Тисбер — Хайтесбери (лат. Hentisberus) — другой оксфордский ученый приблизительно того же времени. Фоссаброн — Анджело Фосинфронте да Фоссамброне, автор сочинения «О скорости движения», изданного в Павии около 1485 г. Все эти писатели разрабатывали так называемую теорию

«широты форм», о которой см. стр. 947 настоящего издания. Альберт — Альберт Саксонский (см. стр. 944).

[30] (к стр. 28). Печатных изданий сочинений Бэкона во времена Леонардо не было.

Математика

Как мы сказали (стр. 943), математические науки были для Леонардо да Винчи идеалом доказательной теории. По его убеждению, в науках нет никакой достоверности там, «где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой» (стр. 12). Математика, как истинная наука, «налагает молчание на языки спорщиков». «Здесь не будут возражать, что дважды три больше или меньше шести или что в треугольнике углы меньше двух прямых углов. Всякое возражение оказывается здесь разрушенным, будучи приведено к вечному молчанию» (стр. 9—10).

Математика Леонардо принадлежала тому периоду, когда переменная величина еще не стала кардинальным понятием этой науки. По определению Энгельса: «Поворотным пунктом в математике была декартова *переменная величина*. Благодаря этому в математику вошли *движение* и *диалектика* и благодаря этому же стало *немедленно необходимым дифференциальное и интегральное исчисление*...»[1]. Те широкие и разнообразные задачи, которыми занимался Леонардо да Винчи, были поставлены новым, зарождающимся естествознанием; эти задачи, среди которых проблема движения занимала первостепенное место, не могли быть с исчерпывающей полнотой решены средствами старого математического аппарата. Таковы, например, сложные задачи авиации и гидродинамики, уже привлекавшие к себе пытливое внимание Леонардо. Экспериментирование, наблюдение и детальное описание должны были поэтому в ряде случаев заменить непосильную еще математическую формулировку.

По Леонардо, «пропорция обретается не только в числах и мерах, но также в звуках, тяжестях, временах и положениях и в любой силе, какая бы она ни была» (стр. 12). Отсюда обилие афоризмов и заметок, построенных по схеме: tanto — quanto, насколько — настолько (или: во столько раз — во сколько) [2]. Такое «пропорционирование» было не только средством установить статические нормы и каноны в области архитектуры или скульптуры, определить нормальные пропорции человеческого тела и т. д. «Пропорция» Леонардо должна была охватить процессы, т. е. в конечном итоге функциональные зависимо-

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы. 1950, стр. 206.

[2] Термин proporzione приходится часто переводить у Леонардо словом «отношение», так как он означает в первую очередь отношение между двумя величинами.

сти между изменяющимися величинами. Но, как уже сказано, разработка этой математической области еще находилась в зачаточном состоянии. Tanto — quanto означало у Леонардо иногда «чем больше — тем больше» или «чем меньше — тем меньше» в самой общей форме, без уточнения действительной закономерности явления, действительного соотношения между величинами. Чаще всего эти выражения имели в виду простейшие действия с величинами первой степени по тройному правилу. Отсюда — примитивизация, упрощение проблемы. Так, сила света (стр. 649—650), интенсивность цвета (стр. 699) убывают для Леонардо пропорционально первой степени расстояния. Формула сопротивления вертикальных стоек у Леонардо выражается в виде: $a^2 : \frac{l}{a}$, а не в более сложном виде: $a^2 : \left(\frac{l}{a}\right)^2$; точно так же прогиб горизонтальной балки квадратного сечения при грузе, находящемся в середине, пропорционален для Леонардо p и l^2 (или l^3); сопротивление в этом случае для него равно $\frac{a^2}{l}$ и т. д. (ср. стр. 202—211).

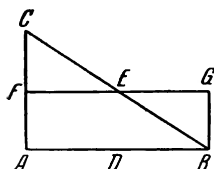
Как уже сказано, естественно поэтому было стремление заменить в ряде случаев математический вывод непосредственной о п ы т н о й констатацией искомых количественных соотношений между явлениями. Не случайным является значительное число измерительных приборов, описанных в заметках Леонардо. Таковы приборы для измерения скорости ветра (см. стр. 489), для измерения пути, пройденного путником, или повозкой (стр. 318), таков гигрометр (стр. 486), известный уже ранее Николаю Кузанскому и Леон-Баттисте Альберти [1].

Ранние зачатки представлений о переменной величине содержались в так называемом учении о «широте форм» (latitudo formarum), разработанном в XIV в. в Англии Ричардом Суисетом и во Франции Николаем Орезмом [2]. Эти авторы,

[1] В сочинении Николая Кузанского «О статических экспериментах» (написанном около 1450 г.) говорится: «На чашку больших весов следует положить кусок совершенно сухой шерсти, а на другую — камни, пока не установится равновесие при умеренно влажном воздухе. Если воздух станет сырее, то вес шерсти увеличится; наоборот, он убавится, если воздух будет становиться сухим. Эта разница в весе позволила бы взвешивать воздух и строить догадки о предстоящих изменениях погоды». У Альберти («Десять книг о зодчестве», кн. X, гл. 3, стр. 346 русского перевода, М., 1935) читаем: «Мы нашли, что губка, увлажняемая воздухом, сыреет, и на этом основании сделали весы, посредством которых можно взвешивать влажность и сухость ветров и воздуха».

[2] Подробнее об этом см В. П. З у б о в. Из истории средневековой атомистики. Труды Института истории естествознания АН СССР, т. I, М.—Л., 1947, стр. 299—301.

исследуя изменение интенсивности качеств (света, теплоты и т. д.) и изменение скоростей движения, различали изменения «униформные», т. е. равномерные или однородные, и «униформно-диффорные», т. е. однородно-неоднородные, или равномерно-неравномерные. Примером первых может служить равномерное движение (с постоянной скоростью), вторых — движения равномерно-ускоренные или равномерно-замедляющиеся. Первые изображаются графически в виде прямоугольников, вторые — в виде прямоугольных треугольников. Основания прямоугольников (или треугольников) соответствуют временам, высóты — скоростям, а площади — путям. В теории «широты форм» уже было известно, что «униформно-диффорное» качество равноценно «униформно-изменяющемуся качеству» со средним градусом интенсивности, что доказывалось из равенства прямоугольника *AFGB* и треугольника *ACB*. В переводе на наш современный язык это значило, что путь, проходимый при равномерно ускоренном движении, равен пути, проходимому при равномерном движении со средней скоростью [1]. Орезмом было введено и понятие ускорения, которое он обозначал термином velocitatio.



У Леонардо да Винчи мы находим лишь отголоски этих представлений. Так, поскольку он часто называл треугольники «пирамидами» (ср. стр. 144 и 250), он считал возможным говорить о «пирамидальном» распространении силы (ср. стр. 651). Из этой же области заимствован Леонардо термин grado (который мы передаем словами: г р а д у с, с т у п е н ь, е д и н и ц а). Леонардо говорил о градусах пути, времени, скорости, плотности и т. д. Встречаются у Леонардо и выражения «униформный» и «униформно-диффорный» (ср. стр. 71, 104, 166 и 379).

Тем не менее глубокого влияния учение о «широте форм» на Леонардо не могло оказать уже потому, что носило чисто отвлеченный характер, никак не связывалось с экспериментом и опытом. Между тем механика Леонардо как раз характеризовалась устремленностью к опыту и Леонардо интересовало не то или иное отвлеченное положение само по себе, а границы его возможной применимости к явлениям действительного мира.

В биографии Леонардо да Винчи мы говорили о его дружбе с Лукой Пачоли (стр. 889). Но, несмотря на эту дружбу, несмотря на заявления обоих о той важной роли, которую играет математика в естествознании, нельзя забывать о глубоко принципиальной разнице во взглядах Пачоли и Леонардо да Винчи на математику.

---

[1] С тем же выводом при помощи такого же геометрического построения мы встречаемся позже у Галилея.

В «Сумме» Луки Пачоли [1] имеется ряд задач «о путешествиях», в том числе и следующая: путешественник совершил путешествий столько, сколько у него вначале было дукатов; при каждом путешествии он удваивал число их и в конце концов имел 90 дукатов; спрашивается, сколько путешествий он совершил. Не смущаясь реальной нелепостью ответа, Пачоли приходил к выводу, что путешествий было совершено $1 + \sqrt{4\frac{3}{4}}$; в другой задаче он говорил о числе путешествий, равном такой величине:

$$3\,\frac{24733}{63308} + \sqrt{7\,\frac{1643489177}{4007902864}}\,.$$

В отличие от Пачоли Леонардо всегда интересовался физическим смыслом того или иного алгоритма, диапазоном его возможного применения к фактам физического мира. Определив соотношение между величиной крыла и весом летучей мыши, Леонардо предостерегал от поспешного заключения, что то же самое соотношение должно сохраняться всюду и всегда, т. е. при постепенном увеличении крыла и веса у других животных (см. ниже стр. 984). Леонардо возражал Альберту Саксонскому, указывая, что перипатетическая формула $v = pm$ (где v — скорость, p — сила, m — вес тела) не сохраняет своего значения при убывании m до нуля или даже при превращении тела в «пылинку» (I, 120; см. стр. 225 настоящего издания). Именно по этому поводу он восклицал: «Не доверяйте же, исследователи, тем авторам, которые одним воображением хотели посредствовать между природой и людьми!» (I, 210; см. стр. 226 настоящего издания).

Отсюда становится понятным, почему при суждении о Леонардо-математике нельзя ограничиваться отрывками чисто математического содержания, а всегда следует привлекать отрывки из его сочинений, посвященные механике, оптике и т. д., где математический аппарат «приведен в действие». Отсюда становится понятным также, почему в настоящем издании чисто математические отрывки занимают сравнительно скромное место: это отражает действительное положение вещей.

Я думаю, что именно эту практическую направленность математики и имел в первую очередь в виду Энгельс в своих известных словах о Леонардо да Винчи, назвав его «не только великим художником, но и великим математиком, механиком и инженером, которому обязаны важными открытиями самые разно-

---

[1] Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità. Venetiis, 1494, fol. 186 recto — 188 recto. Цитирую по M. Cantor. Vorlesungen über Geschichte der Mathematik 2-te Aufl., Bd. II, Leipzig, стр. 297—298.

образные отрасли физики»[1]. Энгельс говорит не о «великом математике», о «великом механике» и о «великом инженере» отдельно, а о великом человеке, неразрывно связавшем математику, механику и инженерию, о человеке, который сделал важные открытия не в области чистой математики, а в «самых разнообразных отраслях физики».

Среди математических фрагментов Леонардо да Винчи первое место по значению бесспорно принадлежит большому куску из кодекса Форстера I, представляющему собою в известном смысле законченное целое. Он обозначен самим Леонардо, как «Книга, озаглавленная «О преобразовании», т. е. о преобразовании одного тела в другое без убавления или возрастания материи»[2], и относится к 1505 г. Это — самое систематическое из произведений Леонардо, разделенное на книги (или разделы) и нумерованные положения. Оно занимает листы 3—40 указанной рукописи, причем заглавие находится на л. 3, а текст располагается от конца к началу, т. е. начиная с л. 40об. Мы воспроизводим этот трактат в переводе почти целиком, опуская лишь некоторые зачеркнутые места и некоторые чертежи, не являющиеся необходимыми для понимания текста[3].

Практическая направленность трактата становится совершенно очевидной из начальных его строк: «Геометрия, охватывающая преобразования металлических тел, которые состоят из вещества, способного растягиваться и сокращаться в зависимости от того, что необходимо изучающим их» (Forst., I, 40об.). Трактат посвящен преобразованию площадей в равновеликие площади и тел в тела́, равновеликие по объему[4]. Уже из приведенных строк Леонардо явствует, что именно с этими задачами ему приходилось встречаться при обработке ме-

---

[1] Ф. Энгельс. Диалектика природы, 1950, стр. 4.

[2] Заглавие написано самим Леонардо обычным для него зеркальным письмом и здесь же рядом транскрибировано чужой рукой обычным письмом, слева направо (почерком того же времени); надпись самого Леонардо осталась незамеченной Р. Марколонго.

[3] Хотя в целом последовательность изложения и идет от листа 40об. назад, к началу рукописи, тем не менее здесь встречаются и отступления (например, на л. 9об. имеется отсылка к «предыдущему», именно к л. 7). Кроме того, имеются вкрапления (ср. переход от лл. 26—25об. к листу 24). Несмотря на это, мы не делаем перестановок и даем перевод текстов в порядке от л. 40об. к началу.

[4] Теми же вопросами занимался Николай Кузанский в своем небольшом произведении «О геометрических преобразованиях» (De transformationibus geometricis). Оно было напечатано в издании его сочинений (Opera, Parisiis, 1514, т. 2), но могло стать известным Леонардо да Винчи и раньше в рукописи.

талла — чеканке, отливке деталей, при работе в качестве скульптора (в частности, при проектировании конной статуи Сфорца; см. стр. 891), при строительных и гидротехнических расчетах и т. д. Не случайно поэтому Леонардо является изобретателем многочисленных приборов, предназначенных для решения математических задач. Кроме текстов, помещенных на стр. 73—77, следует принять во внимание прибор для построения параболических зеркал, описание которого помещено дальше, в разделе «О свете, зрении и глазе» (стр. 731) [1].

Много раз Леонардо да Винчи возвращался к изучению луночек [2]. Из обширного относящегося к этому вопросу материала мы даем лишь теорему о сумме луночек, построенных на двух катетах, которая была ранее доказана Алхазеном [3]. Кроме того, мы помещаем одну из многих страниц с чертежами луночек, интересовавших Леонардо не только как геометра, но и как художника.

Весьма интересны те сравнительно немногочисленные отрывки, в которых Леонардо говорил о «методе неделимых» или применял его на практике. В этом отношении следует обратить внимание на отрывок С. А., 126об. а, помещенный в разделе «Гидромеханика» (стр. 383), а также на определение площади эллипса (С. А. 369об. а; стр. 71—72).

В разделе «Математика» помещен ряд отрывков, посвященных вопросам континуума и бесконечной делимости. Они показывают хорошее знакомство Леонардо да Винчи с перипатетическими учениями античности и средневековья [4]. Вместе с тем эти отрывки чрезвычайно ярко характеризуют направле-

---

[1] В указанном выше сочинении М. Кантора (т. II, стр. 271—275) рассмотрен ряд приемов построения правильных многоугольников, которые мы сочли возможным не включать в настоящее собрание избранных отрывков из рукописей Леонардо да Винчи.

[2] Этого вопроса касался и современник Леонардо да Винчи,— уже упоминавшийся нами (на стр. 888) Джорджо Валла в своей энциклопедии, озаглавленной «О вещах, которых следует добиваться, и вещах, которых следует избегать» (De expetendis et fugiendis rebus. Venetiis, 1501).

[3] В сочинении «О квадратуре круга», которое, в отличие от «Оптики» того же автора, осталось Леонардо неизвестным.

[4] В отрывке К, 62 слышатся отголоски перипатетических споров о том, чем измеряется сила: минимумом того, на что она не может (minimum in quod non), или максимумом того, на что она может действовать (maximum in quod sic)? Вопросы эти были поставлены Аристотелем. В средние века споры приобрели бесплодный характер (часто приводившийся пример с камнем, который всемогущий бог может создать, но который он не может поднять, возник на почве именно этих споров). Между тем, по существу, в той форме, как эти вопросы ставились у Аристотеля, они поднимали проблемы изменения переменной

ние художественно-научной мысли Леонардо: вопросы о природе линии, о границе и части переплетаются с художественными размышлениями о светотени и «дымке» (sfumato). Такое же переплетение абстрактно-математических и эмоционально-конкретных мотивов мы находим в отрывках, посвященных времени. «Напиши о свойстве времени отдельно от геометрии», заносит в свою книжку Леонардо (стр. 82). И действительно, наряду с рассмотрением времени по аналогии с измерениями пространства, Леонардо трактовал о времени в плане философском — на фоне больших проблем истории, морали, природного бытия.

Вряд ли нужно напоминать, что Леонардо почти не пользовался математической символикой. У него нет формул, нет знаков арифметических действий. Корень обозначается сокращенно буквой r. Отношения 2 : 1, 3 : 1, $1^1/_2$: 1 и т. д. обозначаются принятыми в то время наименованиями: proportione dupla, tripla, sesquialtera и т. д. В нашем переводе для упрощения текста введены кое-где начертания: 2 : 1, 3 : 1, $1^1/_2$: 1 и т. д.

Отметим в заключение еще некоторые особенности терминологии Леонардо: diametro может означать в соответствии с традицией диагональ; parallello применяется не только к прямым линиям, но и к концентрическим окружностям; piramide означает не только пирамиду, но и конус (конус зрительных лучей в оптике), а также сечение пирамиды, т. е. треугольник [1]. О линии, перпендикулярной к другой, Леонардо говорит как о линии, падающей под равными углами (или между равными углами). Quantità часто приходится передавать словами объем или величина (а не количество). Figura применяется не только к двухмерным образованиям, но и к трехмерным, почему передается нами часто словами форма или очертания (силуэт). Так, Леонардо говорил, например, о сферической фигуре.

[1] (к стр. 32). Под «цилиндром» Леонардо здесь и дальше понимает параллелепипед (прямоугольный и с квадратным основанием), высота которого больше стороны основания. В дальнейшем мы передаем cilindro сокра-

---

величины и приближения ее к пределу: minimum in quod non имеет место при равенстве силы и сопротивления и является постоянной величиной, тогда как maximum in quod sic есть величина переменная — какое бы значение мы для него ни взяли, между ним и minimum in quod non всегда можно указать еще другое значение, большее взятого и меньшее, чем minimum in quod non. См. стр. 81—82.

[1] Иногда Леонардо называл конус «круглой пирамидой» (стр. 113 и 127). Точно так же «цилиндр» у Леонардо — это прямоугольный параллелепипед с квадратным основанием (стр. 32), а то, что мы называем цилиндром, характеризуется дополнительным эпитетом круглый («круглый цилиндр»; нередко применяется и выражение «колонна»).

щенно словом «параллелепипед», отличая его от куба и «плиты» (tavola), у которых высота соответственно равна или меньше стороны основания.

[2] (к стр. 33). Номера положений проставлены рукой Леонардо на самих рисунках.

[3] (к стр. 47). Так как площади оснований пирамид *cdb* и *cmg* пропорциональны cb^2 и cg^2 и пирамида *cdb* вдвое больше пирамиды *cmg*, можно написать: $cb^3 = 2cg^3$.

Следовательно, *cb* и *cg* — грани кубов, один из которых вдвое больше другого. Далее нетрудно показать, что *cg* есть средняя пропорциональная между *cb* и *ci*, *ci* — между *cg* и следующей за ней и т. д. Следовательпо, *cg* есть грань куба, вдвое большего, чем куб, имеющий грань *ci*, и т. д.

[4] (к стр. 51). Здесь Леонардо да Винчи подхватывает нить изложения, прерванную на лл. 26—25об. (см. выше, стр. 49). Нумерация положений дальше вновь продолжается с 11-ти (хотя выше уже были обозначены 11-е, 12-е и 13-е положения).

[5] (к стр. 58). «Linie giudiziali della proportionalità»; дальше Леонардо называет их просто linie giudiziali. Мы переводим: «линии, определяющие пропорциональность» или «определяющие линии».

[6] (к стр. 63). Отрывок — характерный для Леонардо пример перечисления различных возможных случаев на основе комбинации отдельных элементов. Ближайшим аналогом является отрывок, посвященный изменению формы языка (W. An. IV, 10; см. стр. 827). Другие примеры: смешивание красок (Т. Р., 213; см. стр. 629—630), различные случаи удара тел (С. А., 65 об. а; см. стр. 273); далее, неприводимые в настоящем издании отрывки из «Трактата о живописи»: § 181 (сражающиеся фигуры) и § 288—289 (классификация носов).

[7] (к стр. 64). Т. е. делится ли длина на это ребро без остатка.

[8] (к стр. 65). Пять правильных тел, т. е. тетраэдр, гексаэдр, октаэдр, додекаэдр и икосаэдр. Пять правильных многогранников привлекали с математической стороны внимание таких ученых современников Леонардо, как Лука Пачоли и живописец Пьер де Франчески, а позднее — Иоганна Кеплера и др. Правильные многогранники изображены на знаменитом портрете Пачоли в Неаполитанском музее, написанном по всей вероятности другом Дюрера, Якопо де Барбари. В «Тимее» Платона форма частиц четырех элементов (стихий), т. е. огня, воздуха, воды и земли, была поставлена в связь с теми же многогранниками (пятое правильное тело — додекаэдр соответствовало «вселенной», или, по терминологии аристотеликов, эфиру). В сочинении Аристотеля «О небе» платоновская концепция была подвергнута критике, и эта критика стала традиционной в средние века. Откликом на подобные космологические спекуляции являются отрывки «О пяти правильных телах» (F, 27 об.) и «Форма стихий» (F, 27), помещенные на стр. 13 и 425—426. Они направлены против средневековых аристотеликов; но в данном случае Леонардо выступал не как защитник философии

Платона, а как защитник принципиальной возможности для элементарных частиц иметь форму правильных многогранников.

[9] (к стр. 66). Под кубом Леонардо понимает здесь шестигранник с неодинаковыми гранями. Ср. аналогичное употребление термина «пирамида» в смысле четырехгранника вообще на стр. 114 и примечание к этому месту на стр. 964.

[10] (к стр. 68). Диагональные сечения кубов равны $a^2\sqrt{2}$ и $b^2\sqrt{2}$. По Леонардо, $2a^2\sqrt{2} = b^2\sqrt{2}$, откуда $b = a\sqrt{2}$, тогда как на самом деле $b = a^3\sqrt{2}$.

[11] (к стр. 68). В рукописи Леонардо перечеркнут не только текст всего отрывка, но и чертеж (левая вертикальная линия).

[12] (к стр. 74). Напомним, что «Алхазеновой» называется задача, в которой требуется найти точку отражения на сферическом выпуклом зеркале по данным точкам глаза и предмета. В тексте воспроизводится подлинный чертеж Леонардо, так как его нечеткость явилась поводом к различным толкованиям. Заметим, что реконструкция леонардовского прибора для решения Алхазеновой задачи, которую предложил Марколонго (R. M a r c o l o n g o. Studi Vinciani, Napoli, 1937, стр. 78—79), нам представляется не согласной с текстом Леонардо.

[13] (к стр. 82). См. выше, стр. 952.

[14] (к стр. 83). Ср. О в и д и й. Метаморфозы, XV, 228—233.

[15] (к стр. 83). Ср. Авл Г е л л и й. Аттические ночи, XII, 11,2: «Истина— дочь времени».

Механика

По своему объему отрывки, посвященные механике, составляют самую значительную часть естественнонаучного наследия Леонардо да Винчи. Их удельный вес велик и в пределах его научного творчества в целом, вплоть до биологии. Ведь птица, живое существо вообще,— это инструмент, «действующий по математическому закону» (стр. 596). С законами механики мы встречаемся поэтому не только в настоящем разделе, но и на протяжении всей книги.

Механика, по Леонардо, «рай математических наук», так как посредством нее достигают «математического плода» (стр. 84). Эти «математические плоды»— в многочисленных чертежах, в многочисленных проектах машин, сопровождаемых часто лишь лаконичной подписью, а иногда и вовсе лишенных поясняющего текста. В настоящем издании невозможно всесторонне осветить техническую деятельность великого итальянского художника, ученого и инженера. Технические рисунки и чертежи Леонардо — это особая область, требующая других способов и приемов подачи материала: монографического исследования или же альбома с большим комментарием, где текст комментатора неизбежно будет преобладать над скупым текстом великого итальянца. Но забывать

о «прикладной» механике нельзя, читая те преимущественно теоретические отрывки, которые собраны и систематизированы в настоящем разделе. Сам автор постоянно напоминает об этом, и совершенно естественно от приводимых текстов протягиваются нити к яркому и разнообразному техническому творчеству Леонардо да Винчи.

Планы большого общего труда по механике Леонардо набрасывал не раз, намечая порядок изложения отдельных его частей (см. стр. 84—85 настоящего издания). Иногда он упоминал об уже готовых книгах [1], еще чаще ссылался на те или иные положения такой-то книги, обозначаемые порядковыми числами (ср. выше, стр. 924). Но тем не менее — систематизация отрывков по механике, не говоря уже о реконструкции не дошедших до нас книг,— большая задача, которую до сих пор нельзя считать вполне решенной [2].

Какой бы раздел механики ни взять, всюду в разной мере мы найдем сочетание общетеоретических рассуждений (которые часто двигались еще в русле ставших традиционными вековых теорий) со множеством конкретно-эмпирических наблюдений, опытов или экспериментов или с программами будущих экспериментов (подчас трудно или вовсе невыполнимых). И здесь именно с особенной ясностью видны глубокие корни, связывающие механику Леонардо с производственным опытом.

Когда Леонардо говорил об ударе, он привлекал примеры летящего ядра, приводил наблюдения над работой молотком, использовал свой опыт в области скульптуры и металлообработки, анализировал забивку свай, отдельно исследовал силу удара падающего твердого тела и падающей струи. Леонардо — первый, кто теоретически начал обобщать опыт в области строительной механики, первый, кто пытался создать теорию арки (отрывочные суждения Альберти

---

[1] Например: «...как доказывается в моей книге о движениях (Nel libro delli mia moti)»— C. A., 353об. c. Или: «...как показывается в моем трактате о пространственном движении, силе и тяжести (Trattato di moto locale e di forza e di peso)»— C. A., 335об. d. Несколько раз упоминается трактат «Элементы машин» (Elementi macchinali). Ср. C. A., 58 a; W. An. A, 10.

[2] Такая систематизация была предпринята A. Uccelli в книге «Leonardo da Vinci, I libri di meccanica», Milano, 1940. Книга in quarto содержит 552 страницы текста и 2515 чертежей, частично воспроизведенных с оригинала, частично перечерченных. «Прикладная» механика (конструкции летательных аппаратов, строительная техника), так же как и гидромеханика, почти вовсе не представлены в книге. Те же задачи преследует книга М. А. Гуковского (Механика Леонардо да Винчи, М.— Л. 1947). В настоящем издании в ряде случаев приняты во внимание помещенные в ней переводы, хотя во многих других случаях трудно с ними согласиться.

не могут в этом отношении сравниться с записями Леонардо). Не случайно, трактуя о «подвешенных тяжестях», Леонардо так много внимания уделил закономерностям разрыва веревок (ср. стр. 168 и сл.)— больному вопросу, беспокоившему его как конструктора.

Леонардо — первый, кто разрабатывал теорию трения и экспериментально пытался определить коэффициент трения. Теория трения получила систематическую разработку гораздо позже в трудах Ж. Амонтона (1663—1705) [1], Г.-Б. Бильфингера (1693—1750)[2] и еще позже — Ш.-О. Кулона (1736—1806) [3].

Новые и притом верные формулы Леонардо были получены им если не всегда, то в большинстве случаев экспериментально, путем измерений, а не выведены на основе общих теоретических рассуждений. Это устремление внимания на эмпирические закономерности было оправдано исторически. Не случайно Леонардо не смог оформить всю массу фрагментов и беглых заметок по механике в стройный трактат. Его эпоха была периодом брожения, когда не приспело еще время создавать стройную систему. Главная задача заключалась в максимально широком охвате конкретного эмпирического материала. Развитие техники ставило на очередь разрешение неотложных конкретных задач, теоретическое объяснение которых в общей форме еще не могло быть осуществлено при недостаточном развитии соответствующего математического аппарата. Мы уже говорили об этом в разделе, посвященном математике, а позднее увидим это на примере гидромеханики. Неисторичным было бы не только оценивать механику Леонардо с современных позиций, ставя «отметки» против каждого его отрывка и регистрируя все его ошибки и промахи, но и давать оценку его записей, сравнивая их с механикой Галилея и Ньютона. Леонардо да Винчи не дошел до общих законов падения тел в пустоте, которые были открыты Галилеем [4], но дело

---

[1] G. Amontons. De la résistance causée dans les machines tant par les frottements des parties qui les composent que par la roideur des cordes qu'on y emploie, et la manière de calculer l'une et l'autre. Histoire de l'Académie Royale des Sciences, 1699, pp. 206—224.

[2] G. B. Bülfinger. De frictionibus corporum solidorum specimen. Commentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae, t. II (1727), pp. 352—362.

[3] Ch. Aug. Coulomb — три мемуара, напечатанных в «Mêmoires de l'Académie des Sciences de Paris» в 1781, 1784 и 1790 гг., объединенных в один том в 1799 г. и переизданных в 1821 г. (Théorie des machines simples en ayant égard au frottement de leur parties et à la roideur des cordes. P., 1821).

Остальную литературу см. у R. Marcolongo. La meccanica di Leonardo da Vinci. Napoli, 1937, стр. 106—107.

[4] Леонардо да Винчи правильно определял соотношение между скоростью и временем при равномерно-ускоренном и равномерно-замедленном движении,

здесь не в личных качествах того и другого ученого, не в том, что Галилей обладал в сильнейшей мере «даром абстракции», которым не обладал в той же мере Леонардо. Самый этот факт является фактом более глубокого исторического значения. К явлениям равномерно-ускоренного и замедленного движения и их абстрактному анализу подходили и авторы XIV в. в теории «широты форм» (см. выше, стр. 947). Но неслучайно, что без живительного источника опыта мысль останавливалась вскоре же, на первых шагах, или уходила опять в дебри схоластических хитросплетений. Когда Галилей начинал свои исследования, сама действительность уже стала иной и он располагал значительно бо́льшим эмпирическим материалом, нежели Леонардо. Овладение материалом путем опыта и эксперимента — эта задача стояла прежде всего перед Леонардо и его временем.

Отрывки, посвященные механике, собранные в настоящем разделе, показывают не только положительные достижения Леонардо, но и его творческий путь — путь его исканий, ошибок и успехов. Они рисуют вместе с тем и становление новой механики. Неверно утверждение некоторых старых исследователей, будто Леонардо да Винчи были известны законы инерции, действия и противодействия, сохранения количества движения, но неоспоримо, что его мысли — определенные этапы на пути к этим законам.

Что же касается отношения к предшественникам, то, как мы уже видели (стр. 928), оно ставилось нередко в одностороннем аспекте «тех, кого Леонардо читал», и отсюда делались столь же односторонние и фальшивые выводы. Здесь, в настоящих примечаниях, нельзя не коснуться отношения к предшественникам по той причине, что язык Леонардо, его терминология в значительной мере испытали воздействие терминологии, ставшей в его время традиционной и ходячей, и эти непривычные для нас формы выражения затрудняют понимание текстов без соответствующих исторических разъяснений.

Теоретические представления Леонардо да Винчи, касающиеся механики, в значительной степени вращались в круге идей, восходящих к физике Аристотеля; в данном случае я имею в виду аристотелизм в самом широком значении этого слова (в том смысле, в каком позднее говорилось, например, о «картезианской» и «ньютонианской» механике) и, разумеется, оставляю в стороне те уродливые формы, которые аристотелизм принял в средние века. Для «аристотелианского» направления характерна прежде всего устремленность к конкретно физической трактовке вопроса, нежелание даже в порядке временного абстрагирования и исследования простейших случаев оперировать с такими понятиями, как «пустота», «материальная точка» и т. д. Аристотель, для которого пустое пространство было физическим nonsens'ом, считал неправомерной самую

но правильное соотношение между проходимыми путями и временем осталось ему неизвестным. См. стр. 251.

постановку вопроса о падении тел в пустоте [1]. Круговое движение он считал возможным в природе только при наличии материального тела в центре, так как реальное движение не может, полагал оп, происходить вокруг воображаемой точки [2]. Леонардо разделял такую трактовку вопросов механики. Вопросы движения всегда были для него вопросами движения в конкретной материальной среде: полет и парение в воздухе, падение тел в воздухе, движение тел в воде и т. д.

Леонардо в своей механике часто пользовался и традиционными понятиями аристотелевской космологии, хотя, как явствует из его астрономических афоризмов и высказываний, именно он явился провозвестником новых взглядов на вселенную и на солнечную систему (см. стр. 909 и 1003). Для лучшего понимания отрывков Леонардо по механике необходимо поэтому напомнить некоторые основные положения аристотелевского учения о космосе.

Согласно аристотелевским представлениям, Земля находится в центре вселенной и ее окружают концентрическими слоями вода, воздух и огонь. Земля и вода — тяжелые элементы (или стихии), им свойственно естественное движение вниз, к центру мира. Наоборот, легкие стихии (воздух и огонь) естественно движутся вверх, т. е. от центра мира. Движение вверх для первых и движение книзу для вторых являются движениями «насильственными». «Естественное» движение прекращается по достижении телом своего «естественного места», возможно более близкого к центру мира или, наоборот, к его периферии. Движение «насильственное» мыслимо лишь в случае наличия внешней движущей силы, которая изымает тело из его естественного места и действует на него до тех пор, пока превышает силу его естественного стремления вниз или вверх. И естественное и насильственное движения имеют, следовательно, конец: естественное движение прекращается с достижением «естественного места» стихии, насильственное — с исчезновением воздействующей силы.

Отсюда видно, что Аристотель мыслил силу как источник движения и закон инерции был ему известен только в первой своей половине: при отсутствии силы тело находится в состоянии покоя. Для того, чтобы тело сохраняло прямолинейное равномерное движение, нужна особая причина, т. е. особая сила. Движение было для Аристотеля, следовательно, менее естественно, чем покой. Исключение составляло круговое движение небесной материи (эфира): если прямолиней-

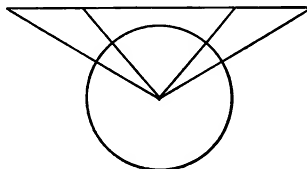
---

[1] Всякое движение происходит в материальной среде, оказывающей известное сопротивление, и скорость тем больше, чем сопротивление меньше. Следовательно, в пустоте скорость должна быть бесконечно велика (см. Аристотель. Физика, IV, 8, 215 b).

[2] Вот почему позднейшие аристотелики были противниками птолемеевской теории эпициклов и деферентов, допускавшей именно подобное движение вокруг воображаемых математических точек.

ное движение неизбежно кончается у пределов мира или в его центре, то круговое движение неба вечно, не имеет ни конца, ни начала.

Существенно отметить, что Леонардо, сохранив аристотелевское противопоставление тяжелого и легкого, лишил его абсолютного характера: для Леонардо нет тел тяжелых и легких самих по себе. Тела становятся тяжелыми и легкими в зависимости от окружающей среды, в зависимости от того, является ли она более или же менее плотной, нежели эти тела. Ничего (или почти ничего) не говорил Леонардо о «пятой стихии»— эфире, или «небе».



Леонардо сохранил аристотелевские определения движений вверх и вниз как движений от и к центру мира. Но под центром мира, как явствует из его высказываний [1], он понимал не центр вселенной, а центр нашего земного мира, окруженного водой, воздухом и огнем. Центр этот не совпадает с центром земного шара,— это видно из геологических отрывков, посвященных учению о медленных перемещениях суши и моря. «Центр мира», или «общий центр», определяется как центр наружной (неподвижной) огненной сферы: около этого «центра мира» медленно перемещается центр нашей Земли[2].

С только что указанными представлениями связаны и некоторые другие особенности применявшейся Леонардо терминологии. Вертикальное направление Леонардо чаще всего обозначал термином diritto. Вертикальную же линию он называл «центральной линией» (так как она проходит через «центр мира»). Горизонтальное положение для него — «положение равенства» (sito dell'equalità), т. е. такое, при котором все симметричные точки прямой равно удалены от «центра мира» (см. рис.).

Весь круг только что рассмотренных представлений иллюстрируется группой отрывков, объединенных в разделе «О стихиях, тяжести и легкости», который мы предпосылаем всем дальнейшим, так как он лучше всего вводит читателя в круг своеобразной терминологии, которой пользовался Леонардо.

В особую группу выделены наиболее общие высказывания о четырех «потенциях» природы — тяжести, силе, движении и ударе. Здесь слово potentia (в отличие от ряда других мест) нельзя передавать словом «сила», так как сила (forza)— одна из четырех указанных «потенций». Леонардо по многу раз пытался формулировать соотношения между этими «потенциями», внося в свои

---

[1] Ср. в особенности выразительное заявление на листе F, 41об. (стр. 753).

[2] См. ниже, стр. 979.

формулировки все новые оттенки. Лишь часть из таких близких друг к другу отрывков приведена в настоящем издании.

При чтении отрывков указанной группы следует непременно помнить, что приводимые широкие общие определения были для Леонардо не началом, не исходным пунктом исследований, а, наоборот, являлись попыткой подвести итог, обобщить основные понятия механики, придав им своего рода универсальный смысл. Отсюда эта эмоциональная образность — уподобление «потенций» сестрам, дочерям, матерям, выражения «жаждет», «стремится» и т. д. Вот почему глубоко лиричный отрывок о бабочке и свете (стр. 90—91) органически сочетается с рассуждениями о четырех «потенциях» природы. Опять-таки и в данном случае мы предпосылаем их дальнейшему изложению для того, чтобы лучше ввести читателя в круг тех понятий, которыми Леонардо пользовался при рассмотрении более частных вопросов.

В связи с этим разделом следует также дать несколько разъяснений терминологического характера. Прежде всего следует отметить многозначность термина moto. Его приходится переводить не только словом д в и ж е н и е, но и словами с к о р о с т ь и п у т ь. Когда Леонардо говорил о «большем» и «меньшем» движении, он часто имел в виду с к о р о с т ь этого движения. Когда он говорил о «части движения», совершаемого в каждую «ступень» (т. е. единицу) времени (ср. стр. 251), то здесь явным образом имелся в виду проходимый п у т ь.

Несколько слов о терминах gravità, grave и peso. Эти термины нельзя привести в однозначное соответствие с какими-либо русскими выражениями, передавая при помощи их указанные итальянские слова одинаково во всех случаях. Gravità, конечно, в первую очередь т я ж е с т ь в смысле силы или свойства тела. То же самое слово означает, однако, и самое т я ж е л о е т е л о (например. la gravità che discende, тяжесть, которая опускается; М, 44об.), хотя чаще тяжелое тело обозначается словом grave. Многозначен и термин peso. Прежде всего это — г р у з, тяжелое тело; вот почему мы встречаем у Леонардо такие обороты: la gravità d'un peso (тяжесть груза; В. М., 164об.). Но вместе с тем peso употребляется и в значении gravità, т. е. т я ж е с т и, а gravità, наоборот, как мы уже отметили,— в значении тяжелого тела, груза. Например, Леонардо говорит, что удар «farà il peso, quando fa saltare per l'aria la gravità» (В. М., 37об.), т. е. удар «создаст тяжесть (peso), когда заставит подскочить в воздух тяжелое тело (gravità)».

Что термины gravità и peso могут употребляться в одинаковом значении, заменяя друг друга, показывают два почти тождественных варианта одной мысли, где в одном случае употреблен термин peso, а в другом — gravità [1].

---

[1] Например, «Il peso è una potenzia accidentale creata del moto dell'uno elemento tirato nell'altro» (В. М., 164об.) и «Gravità è un potenzia creata dal moto

Случается, что в одном и том же отрывке употреблены рядом оба термина из чисто стилистических соображений. Так, Леонардо говорит сначала о естественной и приобретенной тяжести, как о gravità naturale и gravità accidentale, а в следующих строчках, как о peso naturale и peso accidentale (E, 54об.). Все это с очевидностью показывает, что перевод приведенных терминов приходится варьировать в зависимости от контекста [1].

Под «приобретенной тяжестью» Леонардо понимал то, что в средневековой механике (у Иордана Неморария и его школы) обозначалось термином gravitas secundum situm — тяжесть соответственно положению. Действие тяжелого тела может быть различно в зависимости от его положения (situs). В рычаге оно различно в зависимости от величины плеча, на котором тело находится; на наклонной плоскости оно различно в зависимости от величины наклона: чем круче наклон, тем тело тяжелее, т. е. в данном случае gravitas secundum situm есть составляющая силы тяжести по направлению траектории движения [2].

Термином forza (сила) Леонардо да Винчи в более ранних рукописях (до 1510 г.) обозначал то, что позднее стал обозначать термином impeto. Этот термин impeto мы переводим словом «импульс». Итальянское impeto в точности совпадает с латинским impetus или virtus motiva impressa у более ранних авторов[3].

Необходимость этого понятия была продиктована следующим ходом мысли. Если, как думал Аристотель, любое (даже прямолинейное равномерное) движение предполагает наличие внешней силы, непосредственно действующей на тело,

---

il quale mediante la forza trasporta l'uno elemento nell'altro» (B. M. 151об.).

[1] Очень часто термин peso соответствует нашему понятию давления. Однако мы воздерживаемся от передачи его этим словом, так как в этом случае мы отошли бы от круга идей Леонардо.

[2] Заметим, что наклон (obliquità) Леонардо определял величиной угла, образуемого наклонной линией не с горизонталью, а с вертикалью, точнее, тангенсом этого угла, или расстоянием между нижним концом наклонной линии и нижним концом вертикали, или, иначе, проекцией наклонной линии на горизонталь (см. стр. 198).

Поэтому meno obliqua (менее наклонной) является для него та линия, которую мы привыкли называть более наклонной, и наоборот. Во избежание излишней запутанности мы предпочли передавать выражения piu obliqua и meno obliqua выражениями «более (менее) отлогая (или пологая) линия» и т. п.

[3] В латинской литературе средневековья понятие impetus впервые появилось у Петра Иоанна Оливи (1248/49—1298). Однако, разумеется, не схоласты создали это понятие, а, как мы увидим дальше, оно восходит к позднему эллинизму.

то каким образом сохраняет движение брошенное тело, оторвавшееся от источника движения, в том случае, если оно не движется вертикально вниз, к своему «естественному месту»? Аристотель и некоторые его последователи искали ответа в свойствах среды: в о з д у х, окружающий брошенное тело, поддерживает начатое движение даже тогда, когда источник движения («двигатель») сам пришел уже в состояние покоя. Нетрудно видеть, что этим проблема не разрешена, а отодвинута, ибо остается неясным, каким же образом воздух сохраняет сообщенное движение. В поисках иного ответа на вопрос и была создана теория impetus'а, развитая александрийцем Иоанном Филопоном (VI в.), перешедшая в восточную науку и усвоенная парижскими номиналистами XIV в. (Иоанном Буриданом, Альбертом Саксонским, Марсилием Ингеном). По этой теории брошенное тело запечатлевает в себе некое количество «движущей силы», которая продолжает его двигать в течение известного времени, пока не истощится или не израсходуется. Эта теория получила в XIV—XV вв. широкое распространение и за пределами Франции. В частности, в середине XV в. «учение парижан» преподавал в Падуе Гаэтано Тиенский.

В более ранних рукописях, как уже сказано, Леонардо нередко пользовался для обозначения impeto словом «сила» (forza). Именно impeto, истощающийся по мере движения, имеется в виду в той художественной характеристике «силы», которую Леонардо дал в рукописи А (34об.): сила «бешено устремляется к своей желанной смерти»,— гибнет, побеждая (см. стр. 96—98).

Понятие impeto у Леонардо соединялось с более общими представлениями, относящимися к различным явлениям физического мира: сохранение движения — с сохранением зрительных образов в глазу, с гудением колокола после удара и т. д. Это разнообразие мы попытались отразить в соответствующем подборе отрывков; некоторые из них на первый взгляд никак не связаны с чисто механическим понятием impeto (стр. 226 и сл.).

Термины, применяемые Леонардо да Винчи в теории рычага, также требуют некоторых разъяснений. Рычаг Леонардо по большей части обозначал словом bilancia (т. е. дословно: весы). Слово lieva (что собственно значит «рычаг») означает у него о д н о из плеч рычага, то, на которое действует сила; contralieva (противорычаг)— второе, противоположное плечо, то, на которое действует противовес. Polo следует переводить не т о ч к а о п о р ы, а о с ь в р а щ е н и я в е с о в, так как под polo Леонардо понимал не точку, а идеальный или материальный стержень, на котором покоится коромысло весов [1].

Леонардо проводил различие между рычагом (соответственно и противорычагом) реальным и потенциальным. В отличие от самого плеча (т. е. «ре-

[1] Основное значение polo, как известно, ось, только потом полюс в смысле точки. Особенно показательным для значения polo у Леонардо является текст С. А., 93об., приведенный в переводе на стр. 127—128.

ального рычага») Леонардо под «потенциальным рычагом» понимал проекцию плеча рычага на линию направления силы. При пользовании понятиями «потенциального рычага» и «потенциального противорычага» Леонардо приближался к понятию «момента силы».

Как нам приходилось уже не раз отмечать, Леонардо да Винчи внимательно изучал научное наследие прошлого. Далеко не все капитальные античные произведения по механике были Леонардо известны. Отдельные записи показывают, что Леонардо да Винчи живо интересовался произведениями Архимеда [1]. Несколько раз в своих записях он возвращался к Витрувию[2]. Он знал связанное с именем Евклида сочинение «De ponderoso et levi» [3]. Но хотя мы и находим в записях Леонардо упоминание имени Герона (см. стр. 28 настоящего издания), «Механика» этого автора осталась ему неизвестной [4]. Неизвестен был ему и энциклопедический труд Паппа Александрийского, в котором были сведены воедино античные знания по механике. Маловероятно, наконец, что Леонардо знал «Проблемы механики» псевдо-Аристотеля.

Из сравнительно немногочисленных средневековых произведений по механике Леонардо мог почерпнуть понятия и сведения, которые он не находил в античных источниках. В произведениях, связанных с именем ученого XIII в. Иордана Неморария, он нашел понятие gravitas secundum situm и зачатки понятия момента относительно точки. В этих произведениях мы находим теоремы о коленчатом рычаге и наклонной плоскости. Теория impeto явилась первым приближением к понятию инерции. Наконец, как мы уже указывали (стр. 947), учение о «широте форм» приближало Леонардо к вопросам о закономерностях равномерно-ускоренного движения.

Запись «Tebit» в рукописи M (л. 11) указывает на интерес Леонардо да Винчи к сочинению багдадского ученого Тебита-бен-Курра (826—901), которое

---

[1] См. стр. 26 и 27.

[2] См. стр. 27 и 69.

[3] Т. е. «О тяжелом и легком». Сочинение излагает принципы аристотелевской динамики, известно в латинских списках XIII и последующих веков и Евклиду не принадлежит.

[4] Она сохранилась только в арабском переводе и была впервые опубликована только в конце XIX в.

И. Н. Веселовский обратил, однако, мое внимание на то, что у Леонардо встречается ряд отрывков, обнаруживающих большую близость к отдельным местам «Механики» Герона. Таковы В. М., 17 (стр. 107—109 настоящего издания), С. А., 316об. b (стр. 211—212), А, 61об. (стр. 216). Предметом особого исследования является выяснение вопроса, пришел ли Леонардо к тем же заключениям независимо, или же все-таки следует искать здесь какие-то промежуточные звенья традиции.

озаглавлено в латинском переводе XII в. «Liber Charastonis», т. е. «Книга о римских весах» (ср. стр. 945).

В одном месте (Forst. III, 86) Леонардо упоминает рукописные сочинения, а в другом месте (B. N. 2038, 2об.) критикует взгляды Биаджо Пелакани (или Власия Пармского; ум. в 1416 г.). Этот ученый преподавал в Павии, Болонье, Падуе и Париже. Сколько-нибудь полное суждение о его деятельности невозможно, пока не опубликован основной труд Пелакани по механике [1]. Те данные, которыми мы располагаем, позволяют видеть в нем продолжателя школы Иордана, не отличающегося сколько-нибудь значительной оригинальностью. Главное в его деятельности — университетское преподавание. В частности, Пелакани способствовал распространению того учения о «широте форм», о котором уже упоминалось в разделе «Математика» (стр. 947) [2].

[1] (к стр. 100). О термине obliqua и передаче его на русский язык см. Комментарии, стр. 961.

[2] (к стр. 104). См. Комментарии, стр. 948.

[3] (к стр. 107). В оригинале ошибочно: треугольник *def* равен 4 и треугольник *abc* равен 3.

[4] (к стр. 114). Термином piramide Леонардо обозначает в данном случае четырехгранное тело *dbcef*.

[5] (к стр. 117) Разбираемый Леонардо пример с башнями встречается у ряда средневековых авторов, в частности у Роджера Бэкона (XIII в.). Таким образом, в данном случае мы имеем дело с выпиской, а не с оригинальным рассуждением.

[6] (к стр. 122). Наклон (obliquità) Леонардо измеряет проекцией длины и горизонталь. См. стр. 961.

[7] (к стр. 123). Положением равенства (sito dell'equalità) у Леонардо называется такое, при котором все точки предмета одинаково удалены от «центра мира». Ср. стр. 959.

[8] (к стр. 124). Все, что говорит Леонардо, гораздо проще получается из пропорции: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{l_1}{l_2}$, т. е. $p_2 = \frac{l_1}{l_2} p_1$.

Но Леонардо производит следующие операции. Он прежде всего берет плечо l_2 «столько раз, сколько в нем содержится противоположное плечо» l_1.

---

[1] «Tractatus de ponderibus». Выдержки из него приведены в монографии Дюэма. Упоминаемые тексты Леонардо см. на стр. 139 настоящего издания.

[2] Пелакани принадлежат «Вопросы» (Комментарии) к «Трактату о широте форм» Николая Орезма. Они были напечатаны в 1482 г., а затем в Венеции в 1505 г. в редчайшем сборнике (Bassani P o l i t i De numero modalium...) вместе с другим сочинением Пелакани («De tactu corporum duorum»— О соприкосновении двух тел).

Это значит, что он выражает l_2 через l_1, принятое за единицу. Далее, не считая возможным прямо сравнивать разнородные величины (плечи и веса), Леонардо умножает вес p_1 на отвлеченное отношение $\frac{l_2}{l_1}$. Между весовыми единицами p_1 и $\frac{l_2}{l_1}p_1$ он определяет новое отвлеченное отношение $p_1 : \frac{l_2}{l_1}p_1$, т. е. $\frac{l_1}{l_2}$ и, увеличивая p_1 в $\frac{l_1}{l_2}$ раз, получает значение искомого p_2.

[9] (к стр. 149). В оригинале: *aa4c 44b* и *4d*.

[10] (к стр. 151). Т. е. графически может быть изображено в виде треугольника. «Пирамида» здесь, как и в ряде других мест, означает треугольник (ср. стр. 948).

[11] (к стр. 175). В оригинале: *o*.

[12] (к стр. 184). В оригинале: высоты.

[13] (к стр. 184). В оригинале: *fg*.

[14] (к стр. 187). В оригинале: высоты.

[15] (к стр. 189). В оригинале: *d*.

[16] (к стр. 202). Ср. также стр. 601.

[17] (к стр. 202). Ср. аналогичные рассуждения дальше, на стр. 652.

[18] (к стр. 203). Т. е. сила этой части уменьшится в пропорции: $\frac{l_2}{d_2} : \frac{l_1}{d_1}$.

[19] (к стр. 204). В оригинале: 60.

[20] (к стр. 204). В оригинале: 260.

[21] (к стр. 205). В оригинале: 40.

[22] (к стр. 206). Очевидно, Леонардо предполагает, что площади сечения относятся как 400 : 1, т. е. диаметры как 20 : 1.

[23] (к стр. 213). В оригинале: в 10 раз больше.

[24] (к стр. 214). В оригинале: толщине ее.

[25] (к стр. 218). В оригинале: *ac*.

[26] (к стр. 224). «Гармоничными делениями времени» (tempi armonici) Леонардо называет мельчайшие деления, равные $^1/_{1080}$ часа (см. стр. 807). В том же значении употребляется термин tempi musicali (см. стр. 253 и 363).

[27] (к стр. 226). Слова: «если 1000 фунтов» и следующие, — очевидно, лишние, так как дальше Леонардо дает новый, более правильный вариант той же мысли.

[28] (к стр.249). См. выше, стр. 891.

[29] (к стр. 272). В оригинале: ударяемое в сторону ударяющего.

[30] (к стр. 279). Ср. отрывок «О голосе», помещенный на той же странице кодекса А и приводимый дальше (стр. 653).

[31] (к стр. 288). В оригинале: *rf*.

[32] (к стр. 294). См. стр. 908.

[33] (к стр. 315). О значении термина «пирамидально» см. стр. 948.

Гидромеханика

Намечая программы трудов по той или иной отрасли естествознания, Леонардо да Винчи нигде не перечислял такого множества будущих книг, как по вопросам гидромеханики и связанным с ней дисциплинам (см. отрывки, помещенные на стр. 336—340). В этих отрывках перечисляются не столько книги, сколько множество конкретных случаев, вопросов, проблем, без строгой системы, подчас с повторениями. Совершенно та же картина получилась тогда, когда Леонардо попытался собрать термины, находящие применение в «науке о воде»,— revolutione повторяется в разных местах дважды, declinazione также дважды и т. д. (см. стр. 341—342). Огромное разнообразие случаев подавляет, взгляд теряется, — вопросы геологии, инженерии, гидродинамики, гидростатики, наблюдения над судами и пловцами чередуются друг с другом и переплетаются. Но именно эта пестрота характерна для Леонардо-гидротехника, живо ощущавшего необъятность стоявших перед ним задач [1].

Там, где была речь о математике Леонардо (стр. 946), мы уже имели случай отметить, что математический аппарат, которым он владел, далеко не соответствовал широте проблем, которые он перед собою ставил. Вопросы гидродинамики влекли к себе Леонардо, но первый труд по гидродинамике появился лишь в 1638 г. [2] Там, где ответ могла дать математическая формула, Леонардо вынужден был довольствоваться множеством эмпирических наблюдений, лишь с общей качественной стороны объясняемых самыми общими положениями его механики.

В гидростатике Леонардо да Винчи сумел правильно определить условия равновесия в сообщающихся сосудах (ср. стр. 377), близко подошел к так называемому закону Паскаля, тогда как в гидродинамике он ощущал все трудности при решении ряда вопросов средствами того математического аппарата, который был в его распоряжении (ср., например, заметки о зависимости вытекания жидкости от меняющейся высоты ее уровня над отверстием: Т. А., VIII, 24; К, 128; стр. 378—379 и 385).

Нельзя не согласиться с А. Н. Долговым, утверждающим: «В сущности, последующие работы Галилея и Паскаля... представляют собою развитие, оформление и закрепление основных принципов гидростатики, осознанных уже Леонардо да Винчи» [3].

---

[1] Аналогичное нагромождение разнообразных случаев — в отрывках «О волнах» (стр. 345—346) и «О мере вытекающей воды» (стр. 383—384).

[2] Сочинение ученика Галилея, Б. Кастелли (1577—1644) — «Della misura dell'acque correnti», Рим, 1638.

[3] А. Н. Долгов. Краткий очерк истории гидростатики. В книге: «Начала гидростатики. Архимед, Стэвин, Галилей, Паскаль», Л., 1933, стр. 60.

При чтении гидромеханических отрывков Леонардо да Винчи следует, однако, непременно помнить о своеобразии его терминологии, в особенности о том, что peso (вес) означает часто «давление» (на что мы уже указывали; стр. 961). Иначе многие отрывки будут поняты превратно Термин bottino (дословно: боченок; ср. botte, бочка, стр. 382; bottino, боченок, стр. 385) иногда обозначал у Леонардо более широкий цилиндр, сообщающийся с более узкой трубкой, называемой canna. В переводе мы сохраняем эти особенности терминологии Леонардо, лишь в отдельных случаях передавая bottino словом «насос» (например, на стр. 355). На жидкость «боченка» давит сила тяжести того, что Леонардо называет «противовесом» (contrapeso); этот противовес он мыслил в виде твердого тела (камня и т. п.) или же в виде столба жидкости (ср. стр. 376).

У Леонардо, разумеется, нет математической теории движения волн, но зато есть множество метких наблюдений над движениями водяных волн, сравнение их с волнами песка [1], догадка о волнообразном распространении звука и света [2].

Некоторые наблюдения над движущейся водой точно локализируются. Так, Леонардо говорит о реке По (стр. 365), о водопаде у Виджевано (стр. 345), о пенистых волнах у Пьомбино [3]. Читая многие описания движения воды в реках, мы видим перед собой Леонардо, зорко наблюдающего особенности их течения, вглядывающегося в особенности берегов, подводных камней и т. д. Здесь — опыт гидротехника, опыт корабельщика, опыт пловца. И здесь же — Леонардо-экспериментатор. Чтобы исследовать течение воды в разных частях реки, он пользуется окрашиванием струй (стр. 342 и 359), наблюдает движение зернышек в трубе или стеклянном ящике (стр. 350, 364 и 388), измеряет уклон течения посредством движущейся лодочки или кусочка пробки (стр. 363), изобретает приборы для измерения скорости течения на различной глубине (стр. 358), для наблюдения водоворотов (стр. 372), производит искусственные водовороты с целью исследовать их законы (стр. 371) и, наконец, найти им полезное применение (ср. стр. 372) [4].

Автор основывается преимущественно на отрывках F, 53 (Т. А. VIII, 17); А, 45; Т. А. VIII, 58—59; С. А., 206 а (Т. А. VIII, 83) и Е, 74об. (Т. А. VIII, 87—79), приведенных в нашем издании на стр. 373—375, 377—378 и 385.

[1] С. А., 37об. с; Leic., 23 и др. (стр. 351).

[2] А., 61; А, 9об.; Н, 67 (стр. 348 и 653).

[3] «Морские волны у Пьомбино. Вся вода пенится» (стр. 354). Ср. также текст L., 6об., не помещенный в настоящем издании.

[4] Опять неправ Ольшки (указ. соч., т. I, стр. 240), когда, найдя у Леонардо уподобление поверхности воды чулкам, которые облекают ноги и «обнаруживают скрытое под ними» (А. 59об.), он наставительно заключил, что такое объяснение «способно, может быть, удовлетворить любознатель-

Нельзя забыть в этой связи о мастерстве реалиста-художника. От Леонардо до нас дошло много рисунков, изображающих стихийные разливы, мятущиеся волны бушующих пучин. В своих наставлениях художнику и прежде всего самому себе Леонардо да Винчи несколько раз возвращался к вопросу, «каким образом следует изображать потоп». Невозможно разделить здесь живописца, писателя, ученого Леонардо писал с такой точностью о движении волн, о морской пене, о водяных брызгах, о потоках и струях дождя, что в сборнике естественнонаучных фрагментов нельзя не привести хотя бы некоторых выдержек из этих грандиозных описаний [1]. Неудивительно, что отдельные частности и детали перекликаются с естественнонаучными отрывками, посвященными тем же вопросам «движения воды» [2].

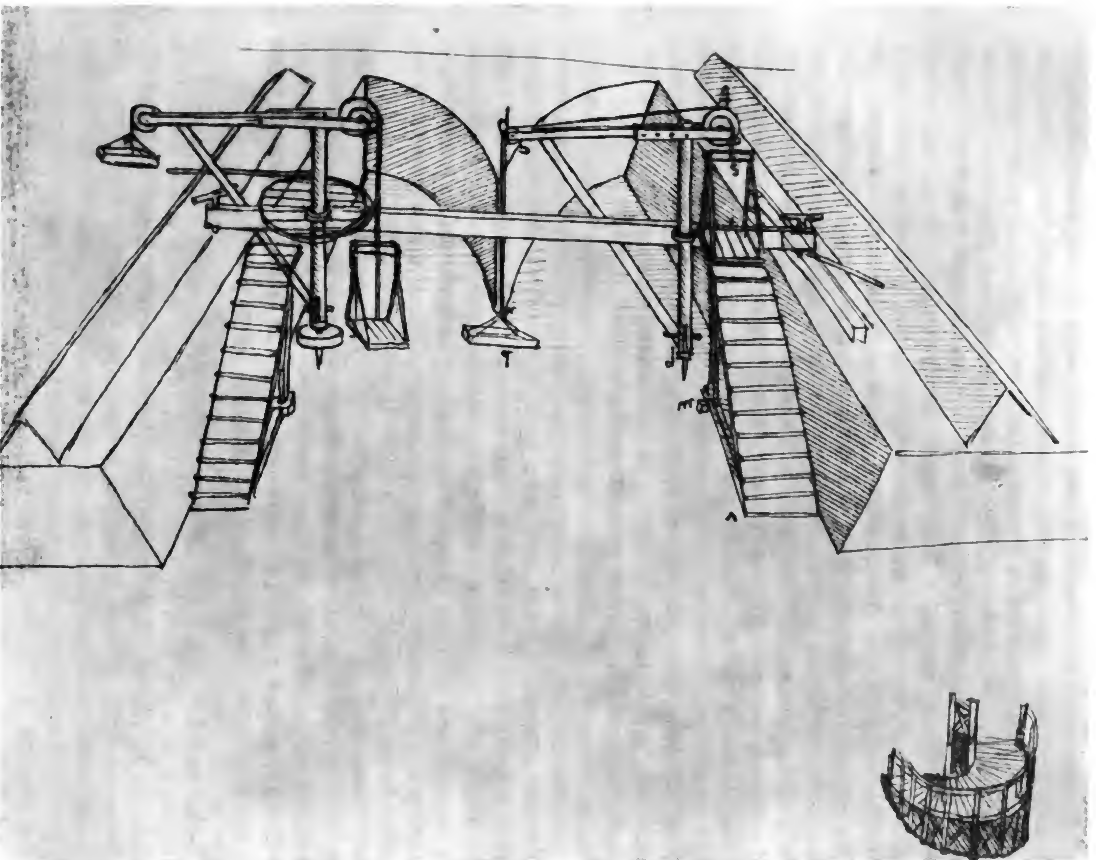
Как мы уже говорили (стр. 916), значительное число отрывков, посвященных гидростатике, гидродинамике и гидротехнике, было объединено в XVII в. в сборник под заглавием «Трактат о движении и мере воды» (Trattato del moto e della misura dell'acqua) [3]. Отрывки распределены здесь по девяти книгам, а именно: 1. О сфере воды; 2. О движении воды; 3. О волнах воды; 4. О водоворотах; 5. О падающей воде; 6. О повреждениях, причиняемых водою; 7. О предметах, переносимых водой; 8. О мере (onza) воды и о трубках; 9. О мельницах и других водяных механизмах (ordigni). Распределение это нельзя во всех отношениях назвать удачным; в одних случаях ткань мыслей Леонардо разорвана, в других схоластизирована. Кроме того, при составлении этого соборника не был использован ряд рукописей и отрывков, очевидно оставшихся неизвестными составителю. Текст иногда стилистически (реже — по существу) расходится с автографическими рукописями Леонардо. В настоящем издании после указания рукописи Леонардо дается в скобках ссылка на соответствующую книгу и главу «Трактата» (обозначаемого сокращенно Т. А.). Наиболее существенные расхождения приведены дальше. Некоторые главы «Трактата» не имеют параллели в известных нам до сих пор рукописях Леонардо да Винчи. Отдельные такие главы включены в настоящее издание наряду с подлинными записями Леонардо.

ность ребенка». Леонардо не был ребенком, и образ, даже яркий, не был для него объяснением. Леонардо не успокаивался на таком образном сравнении,— все варианты разнообразных наблюдений и экспериментов, множество заметок должны были во всей конкретности раскрыть, каким же именно образом свойства водной поверхности «обнаруживают скрытое под нею» (ср., например, I, 67об., и А, 60, о подводных камнях, стр. 370—371).

[1] В разделе «О волнах» (стр. 353—354) приведены некоторые такие выдержки.

[2] Ср. например, указанные выдержки с отрывком «Что такое пена воды?» (стр. 344).

[3] Дошедший до нас список этого «Трактата» датирован 1643 г.



Проект приспособления для выгрузки грунта при гидротехнических работах (C. A. 363об. b)

Гидротехнические проекты занимали много места в творчестве Леонардо да Винчи. Политические и экономические условия были таковы, что эти замыслы не получили осуществления при его жизни. Леонардо обдумывал свои проекты во Флоренции, Милане, Риме и даже, на склоне лет, во Франции. Но нет сомнения, что как гидротехник он вполне сложился уже в первый миланский период своей жизни, в Ломбардии, которая была самой передовой областью Италии в смысле развития гидротехники. Каналы Ломбардии были первыми судоходными каналами, сооруженными в Западной Европе. Их строительство началось уже в XII в. По подсчетам Ломбардини [1], за период 1438—1475 гг. в Милане было построено до 90 километров судоходных каналов с 25 шлюзами. В 1494—1498 гг. Леонардо руководил постройкой канала Мартезана, доведя его до внутреннего рва Милана (ср. F., 76об.). В его записях мы находим упоминания и о других каналах (ср. стр. 398) [2]. Он писал о необходимости устроить, наряду с большими судоходными, ирригационные каналы, дабы «вода, которая раньше пропадала, вновь возвращалась служить на пользу людям». Но планы Леонардо да Винчи шли гораздо дальше тех возможностей, которые давала ему действительность.

Если в Милане, на Ломбардской низменности, в бассейне реки По, перед строителями каналов стояла в первую очередь задача расширения сети торговых путей, то в Тоскане, в бассейне реки Арно, основной задачей было регулирование ее течения — борьба с наводнениями или, наоборот, с обмелением реки, в разные периоды года. Мы уже видели (стр. 894), что раздробленность Италии, вражда Флоренции и Пизы препятствовали осуществлению больших замыслов Леонардо да Винчи, который проектировал канал от Флоренции до Пизы и Ливорно (через Прато, Пистойю, Серравалле и озеро Сесто).

Из других проектов следует упомянуть проект осушения Понтинских болот (W, 12648),— работы были начаты, но брошены; проект «переносного шлюза» (serraglio mobile) для Фриуле, которому грозило нападение турок (ср. B. M., 270об.), проект канала, соединяющего Лаго ди Лекко с Миланом через трудно проходимые скалы (С. А., 141об.).

---

[1] E. Lombardini. Dell'origine e del progresso della scienza idraulica nel milanese e in altre parti d'Italia. Milano, 1872 (Раньше, менее полно — в в Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti, vol. XIII, 1862).

[2] Леонардо принадлежит внедрение в практику и усовершенствование камерных шлюзов с двойным затвором, упоминание о которых встречается уже у Л.-Б. Альберти в «Десяти книгах о зодчестве», писавшихся в период 50—70-х годов XV в. (см. кн. X, 12, стр. 375 русского перевода). Ср. A. Wreder. Vorläufer und Entstehen der Kammerschleuse, ihre Würdigung und Weiterentwicklung. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. IX, Berlin, 1919, стр. 130—168.

К последним годам жизни Леонардо относится большой проект соединения Луары и Соны; канал должен был начинаться около Тура или около Блуа, проходить через Роморантен (с погрузочной пристанью в Вилльфранш), пересекать за Буржем реку Аллье, направляясь дальше через Дулен до Дигуена и на другом берегу Луары, миновав горы Шаролэ, соединиться с Соной около Макона. Этот проект в случае его осуществления сделал бы местность более здоровой и плодородной, а вместе с тем приблизил бы Италию к центру Франции, обеспечив посредством Соны прямое сообщение между Туренью и Лионнэ — обычным центром торговых сношений обеих стран [1].

Когда позднее в Италии и во Франции инженеры стали строить каналы в ряде местностей, обследованных Леонардо да Винчи, они во многих случаях шли именно по тем путям, которые уже намечал гениальный инженер, шли, не зная об его проектах, как не знали об его открытиях многие ученые позднейшего времени, заново открывавшие то, что уже было открыто им.

[1] (к стр. 343). Эта фраза имеется в рукописи H, лист 54.

[2] (к стр. 343). Эта фраза имеется на том же листе в рукописи H.

[3] (к стр. 354). В рукописи Т. А.: реке.

[4] (к стр. 354). Дальше в Т. А. следует: «Но тогда не могло бы быть истинным положение, гласящее, что река пропускает при любой своей ширине в равное время равное количество воды, вне зависимости от ширины реки. Следовательно, река постоянной глубины будет иметь тем большее течение. *n* — канал длиною в милю, *fgh* — в три кв. мили и *abcde* в 5 кв. миль».

[5] (к стр. 357). См. выше, Т. А. VIII, 22.

[6] (к стр. 363). О значении этого термина см. стр. 874.

[7] (к стр. 364). В рукописи Т. А. пояснено: «Это происходит оттого, что тот удар будет более сильным, который происходит с более равными углами».

[8] (к стр. 371). Эта часть имеется в рукописи А, лист 61.

[9] (к стр. 374). Misura l'acqua che cade per altezza — очевидно, имеется в виду измерение ее веса.

[10] (к стр. 374). E tante volte quante la caduta dell'acqua entra nella latitudine della sua levata, sia più sottile, che quella che monta. Смысл, очевидно, тот, что диаметр поднимающегося столба d_2 так относится к высоте падения воды h_1, как высота подъема h_2 к диаметру опускающегося столба d_1, т. е. $\frac{d_2}{h_1} = \frac{h_2}{d_1}$.

[11] (к стр. 392). Ср. отрывки, помещенные на стр. 652—653.

[12] (к стр. 393). Никколо да Форцоре (1420—1514)— флорентийский гравер и медальер, с которым Леонардо да Винчи встречался в 1505 г.

---

[1] Ср. в тексте отрывки В. М., 270об.; С. А , 336об. b; С. А., 211об. а—о Роморантене и Иврее (стр. 399—402).

Геология и физическая география

Отрывкам, собранным в настоящем разделе, предпосланы наброски, находящиеся на двух смежных листах кодекса Арундель (в Британском музее). Исследователи относят эти записи к раннему периоду деятельности Леонардо-ученого, а именно к 70-м годам, когда он еще находился во Флоренции. Литературные наброски Леонардо, находящиеся на листах 155—156 указанной рукописи, рисуют величественные картины грозных явлений природы — буйного ветра, бурного моря, вулканических извержений. Все эти отрывки не окончены и все объединены одним эмоциональным тоном — взволнованной приподнятостью. Наряду с ними на тех же страницах находятся два других замечательных фрагмента. Один рисует Леонардо-натуралиста, пытливо вглядывающегося в тайны «грозной и темной пещеры» (см. стр. 407). Второй посвящен созерцанию бесконечного круговорота времени — отдаленных геологических периодов (стр. 408). При всей отрывочности, разнохарактерности и незаконченности записей их пронизывает одно устремление и одна идея. Природа и Земля — их основная тема. И неслучайно на обороте того же листа 156 находится уже специальная чисто палеонтологическая запись [1].

Больше всего записей, относящихся к геологии, содержится в так называемом кодексе Лестера, датируемом 1504—1506 гг. Нет сомнения, что работы Леонардо в области гидротехники если не впервые привлекли его внимание к геологическим явлениям, то во всяком случае значительно способствовали их исследованию. На это указывает уже тот же самый кодекс Лестера, где геологические фрагменты и заметки перемежаются с заметками о движении воды в реках, чередуются с мыслями о гидростатике и гидродинамике [2].

---

[1] В этой записи отражены первые раздумья Леонардо о причинах, приведших к образованию нескольких слоев окаменелостей. Над тем же вопросом Леонардо будет размышлять и позднее. Наличие нескольких слоев является для него одним из самых сильных аргументов против всемирного потопа (ср. стр. 420: «...И если вышеназванный потоп занес их в эти места из моря, ты нашел бы эти раковины на границе одного единственного слоя, а не на границе многих»).

Надо указать, что ссылка на «потоп» в приводимом отрывке (стр. 408) не позволяет думать, как это делали некоторые исследователи (например, Рихтер, Ольшки), будто в раннем периоде Леонардо разделял гипотезу потопа. Отрывок свидетельствует о раздумье, сомнениях и некоторой, пожалуй, иронии («земля от возмущения — per sdegno — погрузилась в море»).

[2] Ср. планы книг «О воде» (стр. 336), где также переплетаются гидротехнические и гидрографические (геологические) темы.

Вместе с тем интерес к различным горным породам и сортам камня поддерживался у Леонардо его деятельностью как строителя-архитектора и как скульптора. В его мастерскую приносили разные сорта камней (ср. Leic., 9об.). Он рассказывает о находках при рытье колодца (Leic., 9об.) и т. д. (стр. 418)[1].

Район геологических наблюдений Леонардо да Винчи с достаточной определенностью выясняется из его собственных записей, несмотря на то, что некоторые конкретные геологические наблюдения даны Леонардо в обобщенной форме, без названий местностей[2]. Прежде всего это — Тоскана, в особенности участок реки Арно между Флоренцией и Эмполи, на что указывает частое упоминание Гонфолины, Монтелупо и Капрайи[3] и т. д. Во-вторых, это — течение реки По и вообще территория Ломбардской низменности, позднее (но в значительно меньшей мере)— Франция. Многое дало Леонардо-геологу и путешествие по Италии при обследовании крепостей по поручению Чезаре Борджа, о чем мы уже говорили раньше (стр. 896).

Показательно, что ряд геологических наблюдений Леонардо связан с теми местами по течению реки Арно, которые интересовали его и как гидротехника-инженера. Наблюдая размывы речных берегов, Леонардо пришел к плодотворным мыслям о роли воды как геологического фактора, видоизменяющего лик Земли.

По определению Леонардо, вода — «возница природы». Перемещение земли, переносимой водами, производит перемещение центра тяжести Земли: «облегченная сторона Земли беспрерывно поднимается» и «былое дно морское становится вершиною гор». Своим происхождением горы, по взгляду Леонардо, обязаны воде. Центральная и Северная Италия, Франция являются местностями, где особенно наглядно выступает действие воды как фактора, изменяющего рельеф страны. Эти явления Леонардо и наблюдал особенно внимательно[4]. Если бы Леонардо лучше знал Южную Италию, то, он, быть может, в большей

---

[1] Значительное число отрывков по геологии и смежным вопросам подобрано в книге M. B a r a t t a. Leonardo da Vinci e i problemi della terra. Torino, 1903.

[2] Очень характерен в этом отношении отрывок Leic., 6об. Он начинается с обобщенного заявления: «Река, что выходит с гор», но сначала Леонардо написал: «Река Вин[чи]». См. стр. 436.

[3] Название Монтелупо (гора волка) произошло от рыцарского замка, построенного в 1203 г.: он был как бы волком, готовым сожрать козу (Капрайю), находящуюся на противоположном берегу Арно. Природа этих мест нашла разнообразное отражение в графике и живописи Леонардо.

[4] На знаменитой картине «Мадонна в гроте» Леонардо прекрасно изобразил различные стадии размыва горных пород и их разрушение под действием воды.

мере исследовал бы и деятельность вулканических сил, о которых в его записях мы находим лишь отрывочные строки.

Большое место в записях Леонардо уделено опровержению «глупости и простоты» тех, кто хотел думать, что окаменелые раковины были занесены потопом в «места, далекие от моря», а также опровержению взгляда другой «секты невежд», которая утверждала, будто «природа или небеса создали их в таких местах посредством небесных влияний» (стр. 419) [1].

Существенно подчеркнуть новаторский характер высказываний Леонардо. Правда, уже древнегреческие философы Анаксагор и Диоген Аполлонийский видели в окаменелостях знак того, что земля, где их находят, когда-то была дном моря. Наблюдал ископаемые раковины и Геродот (II, 13), делавший предположение, что Египет некогда был заливом (II, 10—12). Соображения Аристотеля (Метеорология, I, 14) и автора псевдоаристотелевского сочинения «О мире» о перемещениях суши и моря были известны Леонардо, так же как и рассуждения средневековых комментаторов Аристотеля на эту же тему (см. дальше, стр. 975). Но Леонардо, как и везде, подкреплял свои смелые рассуждения рядом тщательно продуманных наблюдений. Насколько далеко вперед ушли его мысли по сравнению с его эпохой, станет вполне ясным, если вспомнить, что еще в XVII в. окаменелости рассматривались часто как «игра творящей природы» или результат астрологического влияния звезд [2], что еще в XVIII в. издавались объемистые книги, толковавшие палеонтологические остатки морских животных как «свидетельства о всемирном потопе» [3]. И даже такой «критический» ум, как Вольтер, считал «сумасшествием» видеть в окаменелостях указание на отдаленные периоды в истории Земли. «Листья индейских деревьев в Сен-Шомоне и в Германии! — восклицал он.— А почему не с Луны? В сумасшедший дом, в сумасшедший дом!» [4]

---

[1] Леонардовское выражение nichi приходится передавать различно в зависимости от контекста; и дословно — как раковины, и как ракушки — там, где имеется в виду не самая раковина, а обитающее в ней животное. Для Леонардо это — общее обозначение морских моллюсков. Кроме того, мы встречаем у него выражения ostriche (устрицы) и lumache (улитки).

[2] Мессинскому художнику и ученому Августу Сцилле (1629—1700) пришлось еще всерьез опровергать эту теорию в книге «La vana speculazione disingannata dal senso» (Неаполь, 1670).

[3] Ср., например, G. W. Knorr und J. E. I. Walch. Lapides diluvii universalis testes — Sammlung von Merckwürdigkeiten der Natur und Altertümer des Erdbodens zum Beweis einer allgemeinen Sündfluth. Nürnberg, 1755—1773 (4 части).

[4] См. Труды Института истории естествознания АН СССР, т. III, М.—Л., 1949, стр. 411.

Передовые идеи Леонардо да Винчи в области геологии и палеонтологии, ушедшие далеко вперед по сравнению с его эпохой [1], были, как и многие другие идеи его в других областях науки, забыты надолго. В XVI в. еще можно назвать Джироламо Фракасторо [2], Джордано Бруно [3], Бернара Палисси [4], мысли которых в тех или иных отношениях созвучны воззрениям Леонардо. Однако в XVII в. мысли Леонардо уже были основательно забыты.

Многократно возвращался Леонардо к теории медленных перемещений суши и моря, основанных на перемещении центра Земли Он был знаком с сочинением комментатора Аристотеля Альберта Саксонского, преподававшего в XIV в. в Париже [5]. Сущность теории Альберта сводилась к следующему. Центр тяжести Земли не совпадает с центром ее геометрического объема. Неодинаковый вес обоих земных полушарий и непрерывное его изменение обусловлены, по Альберту Саксонскому, различными причинами: усиленным испарением воды в полушарии, противоположном нашему (сплошь покрытом водой), размывом земной поверхности в нашем полушарии. В результате размыва наше полушарие становится легче и удаляется от «центра мира», а полушарие противоположное приближается к нему. Стремясь образовать совершенную сферу вокруг «центра мира», вода частично стекает из нашего полушария в противоположное и тем утяжеляет его, что заставляет его еще более приближаться к «центру мира» и тем самым подниматься (удаляться от «центра мира») обитаемое нами полушарие — морское дно у нас постепенно поднимается. По прошествии известного времени начнется процесс обратный: «в результате изменения солнечной эклиптики» та часть Земли, которая в настоящее время находится

---

[1] Укажем, например, что старший современник Леонардо Леон-Баттиста Альберти (1404—1472) хотя и развивал мысли древних о перемещениях суши и моря в своих «Десяти книгах о зодчестве» (X, 12, пер. В. П. Зубова, М , 1935, т. I, стр. 372), тем не менее там же (II, 11, т. I, стр. 66) объяснял происхождение окаменелостей «игрой природы».

[2] См. его «Homocentrica» (1638). Здесь Фракасторо, ссылаясь на Аристотеля, истолковывает свои наблюдения над окаменелостями, произведенные в Вероне в 1517 г.

[3] См. «Пир на пепле» (Cena de le ceneri, 1584), диалог 4-й; русск. пер.: «Диалоги», М.—Л., 1949, стр. 150—151.

[4] Bernard P a l i s s y. Discours admirables de la nature des eaux et fontaines. P., 1580.

[5] Теория Альберта Саксонского была известна Леонардо ранее 1508—1509 гг., к каковым относится запись в рукописи F (см. стр. 26 настоящего издания). На это указывают отрывки в рукописях L и Leic.

над поверхностью моря, будет вновь погружаться в море. Круговорот этот непрерывный [1].

Леонардо не только знал теорию Альберта Саксонского, но и критиковал ее (ср., например, стр. 453). Поэтому извращением фактов является декларация Дюэма, что Леонардо да Винчи — лишь послушный ученик и комментатор парижского схоласта [2]. Леонардо от своих палеонтологических наблюдений пришел к необходимости подробнее изучить геологические теории своих предшественников (и притом изучить критически). По Дюэму наоборот: палеонтологические данные, о которых и не помышлял Альберт Саксонский, были для Леонардо лишь средством доказать теорию своего «учителя» [3].

Весьма упорно Леонардо думал над вопросом, каким образом грунтовая вода попадает на вершины гор, причем несколько раз менял свой взгляд. Из отрывка на стр. 445 явствует, что Леонардо еще не подозревал о законах, позднее открытых Торричелли: путем насоса он полагал возможным поднять воду на высоту в одну милю. Но как такой подъем происходит в природе? В ранней рукописи А, относящейся к 1492 г., Леонардо писал, что на вершины гор, которые находятся выше уровня океана, вода не может подняться «по природе своей», и находил объяснение в том, что воду увлекает вверх теплота (он даже делал эксперимент, чтобы доказать, будто нагретое тело становится более легким). В 1504—1506 гг. (в кодексе Лестера) Леонардо отказался от этого объяснения. Раздумья не оставляли его и позднее (ср. стр. 455), и перебрав все, по его мнению, возможности, он как будто вернулся к первопачально разделявшемуся им взгляду («...и ты, придумавший это объяснение, вернись к естественному объяснению, которое ты оставил...») [4].

В теории приливов Леонардо отвергал представления о притягательной силе Луны, исходя из общих установок своей механики (ср. стр. 89 и

[1] У Леонардо (F, 84) имеется выписка из Альберта Саксонского, согласно которой «мир современем станет сферичным... все будет покрыто водою и подземные жилы пребудут без движения» (см. стр. 433). Однако выписка неполна, так как вслед за этим Альберт подверг критике приведенное утверждение, заявляя, что «диссимметрия Земли» никогда не исчезнет, а потому вода никогда не покроет сушу целиком.

[2] Таким он изображен в статьях Дюэма: «Albert de Saxe et Léonard de Vinci» и «Léonard de Vinci et les origines de la géologie» (P. Duhem. Études sur Léonard de Vinci, 1-re série, P., 1906, стр. 1—50; 2-de série, P., 1909, стр. 281—357).

[3] См., например, указ. соч., т. I, стр. 39 и 50.

[4] Как видно из целого ряда отрывков (стр. 426—428 и др.), в этот период Леонардо упорно размышлял о более старой теории (Брунетто Латини, Ристоро д'Ареццо), согласно которой уровень воды в море выше уровня суши.

459). Противник силы тяготения, действующей на расстояние, Леонардо наибольшее внимание уделил вопросам равновесия и подвижности водной сферы, рассматривая их как в аспекте общих теоретико-механических концепций, так и под углом зрения своих собственных, подчас очень тонких и верных наблюдений (например, ему принадлежит первое описание так называемого вторичного прилива; см. стр. 461).

Уподобление приливу и отливу в старой медико-биологической литературе часто применялось для объяснения процессов движения крови и дыхания. Леонардо в ряде фрагментов поступал наоборот: он характеризовал геофизические процессы в терминах биологических. Некоторые авторы склонны были упрекать его за это, выискивая у него именно здесь наиболее фантастические аналогии. Так, например, Леонардо писал: «Тело Земли имеет природу рыбы, дельфина или кита, потому что дышит водою вместо воздуха» (стр. 457). Прилив и отлив уподоблялись у Леонардо притоку и оттоку крови (там же), равно как и, наоборот, описывая движение крови, Леонардо пользовался целым рядом аналогий и образов, заимствованных из «науки о движении воды». Не следует, однако, забывать, что заявления, подобные приведенным, у Леонардо н а ч и н а л и, а не завершали процесс познания. Декларации «тело Земли = телу дельфина» и т. п. служили исходным пунктом для дальнейшей проверки такой аналогии путем доведения ее до последнего предела конкретности и в случае необходимости — отбрасывания ее. Так, конкретизируя исходный образ, Леонардо производил вычисления, долженствующие определить, какова же величина «легкого» Земли (стр. 458). И эти вычисления заставили его, видимо, отказаться от первоначальной аналогии. На том историческом этапе, когда механика приливов, с одной стороны, движение крови и дыхание, с другой, в одинаковой мере были процессами неразгаданными и нерасшифрованными, вполне законной была попытка в виде пробы сопоставить те и другие, поискать, нет ли чего-либо общего в закономерностях, управляющих теми и другими. В этом, а не в анимистическом объяснении заключалась главная суть [1].

В последних трех подразделениях настоящего раздела сгруппированы отрывки, посвященные физической географии Средиземного и Черного морей,

---

[1] Опять-таки неправ цитированный нами Ольшки, когда утверждает (указ. соч., т. I., стр. 178), что «Леонардо отдается игре мнимых аналогий, сопоставляет движение сердца с движением Земли, сравнивает ток крови с течением вод и удовлетворяется этими эффектными комбинациями. Для него они достаточны, чтобы объяснить закономерность сущего».

Нельзя забывать также, что в некоторых подобных случаях мы имеем дело не с оригинальными мыслями Леонардо, а с выписками из чужих сочинений. Достаточно сравнить текст Leic., 34 (стр. 457) с текстом сочинения Ристоро д'Ареццо «Composizione del mondo» (1282 г.)

описанию Малой Азии и рек Средней Азии и Индии. То, что Леонардо да Винчи писал о Средиземном и Черном морях, теснейшим образом связано со всеми предшествующими отрывками: здесь речь о геологическом прошлом Земли, здесь множество заметок, касающихся приливов и отливов, заметки о разности уровней, связанные с размышлениями о подъеме воды на вершины гор, и т. д. Многочисленные географические античные названия указывают на внимательное изучение «Географии» Птолемея [1]. Леонардо привлекал также данные, полученные от очевидцев-путешественников (ср. заметку о Бартоломео Турко; стр. 466).

Особо следует сказать об описании горы Тавра, содержащемся в черновике письма, адресованного к «Диодарию Сирии, наместнику священного султана Вавилонии». В слове «Диодарий» видят испорченное defterdar или devadar, титул высокого должностного лица при дворе египетских мамелюков. Текст письма дал в свое время Ж. П. Рихтеру повод высказать гипотезу о путешествии Леонардо да Винчи на Восток. Рихтер ссылался на то, что в биографических сведениях о Леонардо имеются лакуны, относящиеся к 1481—1487 гг. В этот период и могло быть совершено путешествие в Киликийскую Армению и другие части Малой Азии. Однако гипотеза Рихтера была встречена большинством исследователей с недоверием. Действительно, описание Леонардо носит скорее характер литературного вымысла, хотя и основанного частично на сообщениях путешественников или на сведениях, почерпнутых из сочинений древних авторов. Оно все-таки во многом напоминает другое явно фантастическое письмо Леонардо, начинающееся словами: «Дорогой Бенедетто Деи! сообщая тебе новости с Востока, скажу: знай, что в июне месяце появился гигант, который пришел из пустыни Ливии» и т. д. (С. А., 311) [2].

Несмотря на это, в письме к «Диодарию» мы встречаем ряд реалистических черточек, характеризующих Леонардо-натуралиста, его интерес к различным зонам горной растительности, к альпинизму [3].

---

[1] «География» Птолемея печаталась много раз во второй половине XV в. Первое ее издание вышло в свет в 1462 г.

[2] Некоторые новейшие исследователи (например, Mac Curdy. The mind of Leonardo da Vinci. N. Y., 1948, стр. 248—249), анализируя данные, говорящие за и против путешествия Леонардо на Восток, в конце концов приходят к выводу, что в пользу путешествия может говорить лишь следующий текст, сопровождаемый эскизным наброском: «Когда я находился на море (sito di mare), на одинаковом расстоянии от берега и от горы, расстояние до берега казалось мне гораздо более далеким, чем расстояние до горы» (L, 77об.). Не слишком ли мало этого?

[3] На русском языке ср. об этом небольшую статью Р. А. Орбели. Аль-

[1] (к стр. 411). Леонардо предполагает, что вслед за потопом и приближением нашего полушария к «центру мира» должно было бы последовать перераспределение вод на всем земном шаре, причем часть вод противоположного полушария должна была бы хлынуть в наше.

[2] (к стр. 424). Здесь, как и в помещаемых ниже отрывках (стр. 425—433), Леонардо понимает под центром «наших стихий» или «центром мира» (т. е. «нашего мира») центр воздушной и огненной сфер, облекающих сферу воды и земли (сушу и воду земного шара). Обе сферы «верхних стихий» (воздуха и огня) мыслятся неподвижными в отличие от земного шара и его центра. Ср. стр. 959.

[3] (к стр. 428). «Место» Леонардо понимает по-аристотелевски, т. е. как поверхность смежного тела, окружающего или «облекающего» данное (таковой является, например, внутренняя стенка сосуда, наполненного жидкостью, и т. п.).

[4] (к стр. 429). Этот абзац помещен на полях. По своему содержанию он несколько нарушает общий ход изложения.

[5] (к стр. 436). В рукописи после слова «Река» зачеркнуто недописанное слово «Вин[чи]».

[6] (к стр. 449). О духовных частицах см. стр. 941.

[7] (к стр. 455). Этот абзац помещен на полях.

[8] (к стр. 474). Дальше в рукописи зачеркнуто: «что можно было бы прибавить к тому злу, которое мы терпели в продолжение 10 часов».

Метеорология

Метеорология интересовала Леонардо да Винчи прежде всего как живописца и конструктора летательных аппаратов. Непостоянство воздушных течений, их направление и сила, их возникновение, законы образования облаков, изменение влажности воздуха, причины дождей — таковы главные темы его записей. Туман, влажность воздуха, их влияние на освещение, на восприятие отдаленных предметов, как мы увидим дальше, сильно занимали Леонардо — оптика и теоретика живописи. И сам Леонардо неслучайно отнес описание радуги в намеченную им последнюю книгу сочинения о живописи (стр. 490).

Леонардо была хорошо известна предшествующая метеорологическая литература — школьная аристотелевская «Метеорология» [1], а также популярные

пинизм Леонардо да Винчи, в сборнике его статей «Исследования и изыскания», М.—Л., 1947, стр. 191—195.

О зонах растительности ср. также отрывок Т. Р., 806, помещенный на стр. 864 и 867.

[1] Ср. запись: «Метеоры Аристотеля на итальянском» (стр. 27).

энциклопедии, не чуждые того же аристотелианства и уделявшие довольно значительное место вопросам, что такое ветер, дождь, град, снег, иней и т. д. [1] В соответствии с этой вековой традицией метеорологические объяснения Леонардо изложены на языке аристотелианского учения о переходе стихий друг в друга [2]. Вот почему многое звучит для нас странно и непривычно. Но традиционные формы изложения не должны заслонять от нас новизну содержания. В метеорологических отрывках Леонардо мы находим качественно новое, оригинальное и свежее по сравнению с указанной метеорологической литературой. Так же как в учении о воде, Леонардо использовал разнообразные эмпирические наблюдения, проектировал метеорологические приборы для измерения скорости ветра, влажности воздуха, стремился экспериментально исследовать законы парообразования («перехода воды в воздух») и в этой связи пришел к ряду соображений о силе пара и т. д.

Метеорология Леонардо, видимо, должна была составить часть большого задуманного им труда о природе. По всей вероятности, так следует понимать ссылки на кн. 32, посвященную парообразованию (стр. 483) и на кн. 42, посвященную дождям (стр. 481). Вместе с тем отдельные части метеорологии теснейшим образом, как уже сказано, смыкались с работами Леонардо в области живописи и авиации: учение о радуге входило в состав книг о живописи, а «для того, чтобы дать истинную науку о движении птиц в воздухе,— писал Леонардо,— необходимо дать сначала науку о ветрах» (стр. 495).

Как и в гидродинамике, Леонардо во многих вопросах вынужден был ограничиваться качественной стороной явлений. Неразработанность диоптрики сказалась и в его учении о радуге, и там, где ему приходилось касаться вопросов, связанных с прозрачными и влажными средами. Но и здесь виден Леонардо-

---

[1] Из сочинений на итальянском языке, известных Леонардо, укажем «Composizione del mondo» Ристоро д'Ареццо (написанное в 1282 г.), а также перевод «Сокровища» (Trésor) Брунетто Латини (написанного по-французски около 1260 г.).

[2] Разумеется, он относился к традиционным воззрениям критически. Например, мы читаем: «И философы говорят о ветрах, что они — пары сухие и землистые, это вовсе не так» (стр. 477). Чтобы понять это заявление, нужно вспомнить аристотелевское различение более сухих и более влажных испарений. Первые порождают ветер, вторые — дождь (Аристотель. Метеорология, II, 4). По Леонардо, ветер образуется при переходе воды в воздух и обратно (см. стр. 476 и 482). Тем самым Леонардо да Винчи теснее связывал возникновение осадков и возникновение ветров и расходился с Аристотелем, полагавшим, что не один и тот же воздух «движется» и «сгущается» («Метеорология», указ. место).

эмпирик, Леонардо-экспериментатор, закладывающий основы той науки, которая органически чужда схоластической метеорологии [1].

¹ (к стр. 476). Леонардо, как уже сказано (стр. 980), пользовался языком античного учения о переходе стихий друг в друга: вода, испаряясь, превращается в воздух, воздух при горении превращается в огонь и т. д. Отсюда такие выражения, как «воздух обращается в дождь» (см. следующий отрывок). Отсюда — представление, что стихия, уплотняясь, должна оставлять после себя пустоту (ср. в отрывке E, 1, о пустоте, остающейся после пламени молнии). Водяные пары являются, таким образом, одной из стадий указанного превращения, чем-то переходным между водой и воздухом. Но вместе с тем, по Леонардо, атмосферный воздух никогда не существует в чистом виде: в нем всегда те или иные переходные формы. Особенно наглядно это явствует из приводимого дальше отрывка (стр. 480—481), где говорится о содержании влаги в различных ветрах. Также объяснение синевы неба (см. стр. 702) предполагает наличие мельчайших и неощутимых «атомов» или «зернышек» воды, «корпускул влаги» в воздухе.

² (к стр. 482). Счет ночных часов велся от заката Солнца.

³ (к стр. 485). Имеется в виду, надо полагать, металлический круг с отверстием, находящийся в нижней части цилиндра («сосуда»), над дном из натянутой кожи.

⁴ (к стр. 486). Этот и приводимые вслед за тем два других отрывка посвящены трем разновидностям гигрометра, построенного по одному принципу: на одном конце коромысла помещается вещество, не впитывающее влагу (воск), на другом — вещество, впитывающее влагу воздуха (хлопчатая бумага или шерсть). В первом из отрывков вещества не обозначены, зато имеется шкала с делениями, отсутствующая в двух других случаях. О гигрометрах Николая Кузанского и Л.-Б. Альберти ср. выше, стр. 947.

О летании и движении тел в воздухе

В разделе «О летании и движении тел в воздухе» объединены отрывки, посвященные, с одной стороны, полету птиц и иных летающих животных, с другой — проектам «искусственных птиц», т. е. летательных аппаратов. Логическая связь между обеими группами отрывков совершенно очевидна; основываясь на наблюдениях полета птиц, обобщая их и возводя к общим законам механики, Леонардо да Винчи стремился сделать практические выводы, касающиеся конструкции летательных приборов. Он исходил из мысли, что

[1] Напомним, что еще во времена Декарта и даже после него в католических школах метеорология преподавалась «по Аристотелю»,— по Аристотелю, в котором было убито все живое и смелое.

птица — «инструмент» или машина, действующая по «математическому закону» (legge matematica), т. е. что те же законы механики управляют движениями животных и движениями аппаратов, построенных человеком [1].

Неслучайно Леонардо обозначал тем же словом uccello как птицу, так и свой летательный аппарат. Равным образом, термин volatile означал у него «вообще все то, что летает» — птиц, бабочек, летучих мышей и опять-таки те же летательные аппараты[2].

Логически Леонардо шел от наблюдений над птицами к конструкции летательных машин. Однако хронологически наибо́льшее число записей, касающихся «искусственных птиц», предшествовало записям, детально рассматривающим полет животных. Наибольшая часть записей, посвященных «аэропланам» Леонардо, находится в рукописи B, датируемой приблизительно 1488—1489 гг., т. е. относящейся к первому миланскому периоду жизни Леонардо [3]. Конструкторские замыслы не оставляли Леонардо и по возвращении во Флоренцию. К этим годам (1500—1506) относится так называемый кодекс о полете птиц (1505), содержащий указание, что Леонардо замышлял совершить первый свой полет с Монте Чечери около Фьезоле (см. выше, стр. 895). К этим же годам относится ряд записей в «Атлантическом кодексе», связанных с новыми вариантами конструкций летательного аппарата [4]. Но в эти же годы начаты были записи в рукописи K, делавшиеся разновременно, в период между 1504 и 1512 гг. Они посвящены преимущественно полету птиц

[1] Там, где Леонардо говорил о «душе птицы» и «душе человека» (см. стр. 596), он имел в виду сложные произвольные движения, позволяющие осуществлять то, что недоступно примитивным механизмам (например, искусное балансирование в воздухе). Эти его выражения нисколько не противоречат основной принципиальной его установке. От «птицы — математического инструмента» прямой путь к «человеку-машине» Ламеттри, но от «души» птицы (в смысле Леонардо) нет пути к доминиканцу Гальену (1735), заявлявшему, что птица держит в равновесии свое тело благодаря некоему «психическому напряжению».

[2] Я по большей части передаю выражение volatili словом «пернатые», там, где это позволяет контекст. Но не следует забывать о только что сказанном: Леонардо, даже говоря о птицах, всегда смотрит шире и дальше.

[3] Эти записи дополняются записями, содержащимися в «Атлантическом кодексе» и также частично относящимися к тем же 80-м годам.

[4] Более точная датировка этих записей «Атлантического кодекса» (который в целом охватывает большой период, от примерно 1483 до 1518 г.) была произведена Кальви (см. соч., указанное на стр. 915). Она воспроизведена нами в начале каждого соответствующего отрывка. Время написания других рукописей читатель найдет на стр. 1021—1023.

и почти вовсе не касаются летательных приборов [1]. Множество заметок, посвященных полету птиц, содержится в еще более поздней рукописи E (1513—1514 гг.). Мы не знаем, в какой мере Леонардо реализовал на практике запроектированные им конструкции летательных аппаратов. Мы не знаем также, в какой мере те или иные практические неудачи повлияли на него. Одно несомненно: Леонардо во второй период своей жизни все глубже осознавал трудность и сложность поставленной задачи, осознавал необходимость новых наблюдений и новых опытов, поисков новых путей. Заветная мысль создать «искусственную птицу», видимо, не оставляла его и тогда. Но в последний период жизни, в пору скитаний, еще труднее стала реализация конструкторских замыслов. Ведь, как мы уже указывали (стр. 901), в этом отношении он был всецело предоставлен самому себе и не мог рассчитывать на чью-либо материальную поддержку. Всматриваться в полет птиц, еще глубже изучать управляющие им механические законы Леонардо мог везде, при любых условиях. Вернуться вновь к конструкторским опытам уже не позволила ему судьба. В Риме, при дворе папы и Джулиано Медичи, он пускал лишь фигурки, наполненные нагретым воздухом для развлечения окружающих (см. выше, стр. 899), а французский король Франциск вряд ли склонен был поощрять «затеи» Леонардо в области авиации.

В одном из отрывков (стр. 541), говоря о движениях птиц, Леонардо напоминает свой общий философский принцип: от следствий к причинам, от причин к следствиям. Объяснить следствия (т. е. наблюдаемые движения птиц) из причин (т. е. из общих законов механики) и, наоборот, из того или иного положения, занимаемого птицей, вывести по законам механики вытекающие отсюда движения,—таковы основные задачи, которые ставил перед собою Леонардо.

Читатель, уже знакомый с разделом, посвященным механике, найдет здесь те же вопросы равновесия, те же законы сложения и разложения сил, падения тел, которые составляли предмет указанного раздела. Соотношение между силой тяжести, силой сопротивления воздуха, силой ветра и силой impeto,— таковы основные темы, которые Леонардо разрабатывал, исследуя движение птиц: каково должно быть то или иное соотношение, чтобы достигнуть определенного результата — подъема, спуска и т. д., или, наоборот, каковы соотношения, которые господствуют при том или ином наблюдаемом движении? В рукописях Леонардо мы встречаем записи обоих типов [2].

---

[1] Почти все эти записи перечеркнуты, но, как мы уже указывали (стр. 872), это вовсе не означает, что Леонардо отказался от написанного.

[2] Попытка систематизировать отрывки из рукописей Леонардо, относящиеся к авиации, дана в книге R. Giacomelli. Gli scritti di Leonardo da Vinci sul volo. Roma, 1934. Каждому отрывку предшествуют объяснительный пересказ и комментарий. В настоящем издании порядок принят в ряде случаев иной, поскольку при расположении отрывков мы лишены возможности вкрапливать

Мы уже говорили (стр. 931 и 977) о значении, которое имели аналогии в научном творчестве Леонардо, и о том неправильном истолковании их роли, которое было дано некоторыми буржуазными исследователями. В области авиации для Леонардо определяющей была аналогия между плаванием и летанием. «Напиши о плавании под водой и получишь летание птицы по воздуху», читаем в одной из записей (стр. 510). Но пользование аналогиями не превращалось у Леонардо в и г р у аналогий. Сближение тотчас же влекло за собой искание р а з л и ч и й. Леонардо спрашивает (стр. 512): конец крыла движется ли точно так же, как рука пловца под водой, или в противоположном направлении? [1]

Другой пример осторожного пользования аналогиями находим в раннем отрывке В, 89об.: «...Если летучая мышь весит 2 унции и простирает крыло на $^1/_2$ локтя, то орел соразмерно с этим должен был бы простирать крыло на 60 локтей, не меньше. Между тем мы видим на опыте, что орел не превосходит ширину 3 локтей. И многим, не видевшим никогда этих животных показалось бы, что одно из них не может летать... Мы видим, однако, что и летучая мышь и орел держатся на своих крыльях с величайшей ловкостью...» (стр. 600—601).

Принцип «подражания природе», т. е. тот же принцип аналогий, руководил Леонардо и при построении летательного аппарата [2]. Но и здесь великий флорентийский инженер умел в нужных случаях вносить соответствующие коррективы[3].

Наблюдение, эксперимент и объяснение их из общих законов механики не всегда гармонировали друг с другом. В ряде случаев верное и тонкое наблюдение объяснялось слишком схематично и недостаточно. Так, ряд случаев парения птицы в воздухе, метко зарисованных и описанных, Леонардо объяснял неполно или неправильно. Неправильно характеризовал Леонардо изменение воздуха под крылом птицы как его «уплотнение» (condensazione), хотя и правильно фор-

---

соединительный текст от себя, как делает Джакомелли, а потому предпочитаем идти от более простого к более сложному,— стараемся расположить тексты так, чтобы они говорили с а м и з а с е б я. Стоит ли напоминать, что любая группировка фрагментов при любых обстоятельствах всегда будет до известной степени условной?

[1] В другой записи (стр. 513) Леонардо касается того же вопроса, решая его именно в последнем смысле. Следует заметить, что вопрос этот долгое время оставался невыясненным и спорным и только во второй половине XIX в. подтвердилось, что Леонардо прав.

[2] Ср., например, устройство искусственных крыльев, становящихся сквозными при подъеме и сплошными при опускании (В, 73об.—74; аналогичное у птиц — стр. 500 и 610). «Твоя птица должна подражать не иному чему, как летучей мыши»,— читаем в другом месте (стр. 599).

[3] Ср., например, рассуждение о мускулах человека и птицы (стр. 597).

мулировал закон «аэродинамической взаимности» (ср. стр. 495). Леонардо недоучитывал роль воздушных термических течений, направленных снизу вверх: отклонение ветра от горизонтального направления он предпочитал объяснять одним лишь механическим отражением его от преграды гор и тому подобными факторами (ср. отрывки на стр. 554). Сложение и разложение сил при полете на ветре и против ветра, выполненные правильно, не везде отражали те действительные процессы, о которых говорил Леонардо. Новейшие работы, например, показали, что только ветер «относительный», ветер, производимый собственным движением птицы, играет роль при ее полете против ветра, тогда как «земной ветер» такой роли не играет, влияет лишь изменение интенсивности и направления последнего. У Леонардо, напротив, «земной ветер» — один из решающих компонентов и притом схематически рассматривается как ветер постоянной силы и направления. Нельзя не напомнить, наконец, о трудностях наблюдений над полетом птиц: наблюдая положения и движения птиц на высоте, Леонардо мог недоучитывать и действительно недоучитывал в отдельных случаях того, что воздушные течения вверху — не те же, что внизу, а потому неправильно оценивал роль ветра при объяснении наблюдаемого им полета или парения в воздухе (ср., например, стр. 563—564).

В целом исследования Леонардо по авиации были новыми и свежими и намного опередили его время. Леонардо был здесь почти всецело предоставлен самому себе. Если не считать легендарных сказаний (искусственный голубь Архита), скупых и темных указаний отдельных авторов (Аристотель, Гален), вопросы полета птиц не нашли отражения в античной литературе. Лишь в одной связи они всплывали определенно и настойчиво позднее — на протяжении средних веков. Я имею в виду соколиную охоту и посвященные ей трактаты. Эти трактаты носят следы внимательного изучения полета птиц и особенностей их анатомического строения [1]. Соколиной охотой живо интересовались в Милане, но трудно решить, в какой мере Леонардо использовал подобные произведения. В основном записи его зиждутся на собственных наблюдениях — как над полетом птиц, так и над специально сконструированными моделями (ср. V. U., 15об.; L, 61об.; стр. 542 и 613).

Вазари в написанной им биографии Леонардо да Винчи рассказывает, что великий художник, «проходя неоднократно по местам, где торгуют птицами, собственноручно вынимал их из клеток, уплачивая продавцу цену, которую тот

[1] Так, функции «крылышка» (alula), которое Леонардо называет «рулем» или «большим пальцем» крыла, частично описаны в трактате «De arte venandi cum avibus» Фридриха II. То, что Леонардо называл отраженным движением на ветре (подъем птицы благодаря приобретенной живой силе и перемене положения крыльев), было известно французским авторам сочинений о соколиной охоте и т. д.

назначал, и отпускал их, возвращая им утраченную свободу» [1]. Вазари приводил этот рассказ в качестве примера великой любви Леонардо к животным. Об этой любви действительно свидетельствует помещенный на стр. 22 отрывок W. An. II, 14. Но нет сомнения, что Леонардо-натуралист, Леонардо-конструктор не мог одновременно не присматриваться к особенностям движений улетающей птицы.

Ряд наблюдений и вопросов, поставленных Леонардо, получил правильное истолкование и разрешение лишь благодаря применению приемов исследования, недоступных в его время. Так, Леонардо уже ставил вопрос о том, движется ли крыло птицы при своем опускании быстрее, чем при своем подъеме, решая его в положительном смысле (стр 516). Во второй половине XIX в. этот вопрос решался отрицательно и только новейшие исследования XX в. как будто подтверждают взгляд Леонардо (А. Маньян, 1931). Точно так же утверждение Леонардо, что стрекоза, поднимая передние, опускает задние крылья (ср. стр. 593), могло быть проверено лишь при помощи ультраскоростного кинематографического аппарата (2900 кадров в секунду). Киносъемка показала, что Леонардо был неправ, но никто не поставит ему это в вину, в особенности если учесть некоторые особенности движения этих крыльев [2].

В настоящем издании, посвященном естественнонаучным текстам Леонардо, мы не имеем возможности подробно рассмотреть, а тем более воспроизвести разнообразные технические чертежи, характеризующие творчество Леонардо-конструктора [3]. Мы ограничимся общим очерком, отсылая преимущественно к тем текстам и рисункам, которые воспроизведены в настоящей книге [4].

---

[1] Дж. Вазари. Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих. М.—Л., 1933, т. II, стр. 93.

[2] Подъем передней и задней пар крыльев происходит одновременно, опускание задней пары начинается несколько раньше опускания передней, причем никогда обе пары не приходят в соприкосновение друг с другом. Число взмахов крыльев в секунду равно 36, а разница в опускании составляет $^1/_{80}$ сек. (ср. Джакомелли. Указ. соч., стр. 357).

[3] Так, мы не можем подробнее останавливаться на многочисленных вариантах трансмиссий, на разнообразных приспособлениях для поднимания и опускания, сгибания и разгибания, а также для поворачивания крыла и т. д.

[4] В сравнительно недавнее время на основе леонардовых чертежей были сделаны попытки сконструировать модели некоторых из описанных им летательных машин. Сведения об этом можно найти в статьях: «I modelli delle macchine volanti di Leonardo da Vinci» («L'Ingegnere», 1931, февраль) и «Progetti vinciani di macchine volanti» («L'Aerotecnica», 1934, август — сентябрь).

Повидимому, наиболее ранний проект летательного аппарата Леонардо, дошедший до нас, относится к 1483—1486 гг. (С. А., 276 b). Здесь еще применяются металлические части, горизонтально расположенный человек приводит в движение механизм и руками и ногами. В дальнейшем Леонардо стремился заменить металл деревом и тростником, веревки — по возможности жесткими передачами. Вместе с тем он стремился освободить руки. Таковы проекты, помещенные на листах С. А., 302об. а, и В, 74об (см. стр. 603—605).

Еще позднее Леонардо перешел к аппаратам, в которых человек располагается вертикально (ср. четырехкрылый аппарат; стр. 607). Тот проект, который Л. Бельтрами описал в качестве «аэроплана Леонардо» [1], уже предвидит использование пружины как двигателя, не ограничиваясь мускульной силой человека. Он относится ко времени около 1495 г. (С. А., 314 b) [2]. Наиболее поздним проектом (1499 г.) является тот, который наклеен на обороте того же самого листа «Атлантического кодекса», на котором находится и наиболее ранний [3]. Позднее, во Флоренции (1503—1505 гг.), Леонардо, не оставляя мысли о полете, вносил в свои записные книжки лишь эскизы и чертежи, относящиеся к отдельным серьезным, но все же частным вопросам конструкций и теории летания. Судя по точно датированной записи (14 марта 1505 г.) о «кортоне — хищной птице», виденной Леонардо над Барбиги, на пути в Фьезоле (стр. 550), и другим заметкам, Леонардо особенно интересовался в это время вопросом о парении в воздухе без взмахов крыльями и об использовании в данном случае силы ветра.

[1] (к стр. 494). Ср. стр. 895.

[2] (к стр. 498). Spalla (дословно: плечо) означает место прикрепления крыла к корпусу птицы. Запястье Леонардо часто называет также «плечом» (omero), почему мы и воздерживаемся от передачи spalla словом «плечо».

[3] (к стр. 500). Леонардо пользуется здесь и дальше выражением resistente. Джакомелли (R. Giacomelli. Gli scritti di Leonardo da Vinci sul volo. Roma, 1934, стр. 188—189) вводит в прямых скобках слово parte и толкует resistente как ту часть пера, которая оказывает сопротивление. Однако вероятнее, что resistente означает все перо, оказывающее сопротивление воздуху, ибо дальше Леонардо говорит о слабых и сильных частях resistente. Речь идет, очевидно, о перьях на крайней (выпуклой) части крыла, где воздух «сжимается и уплотняется» (см. выше, стр. 498). Ср. дальше отрывок L., 58, где Леонардо

---

[1] Русский перевод — в «Флорентийских чтениях» (М., 1914, стр. 289—303).

[2] Чертеж, воспроизведенный нами на стр. 608, не имеет сопроводительного текста. Для его истолкования Бельтрами привлек другие рисунки того же «Атлантического кодекса».

[3] С. А., 276об. b (ср. стр. 603 и 609—610). Напомним, что «Атлантический кодекс» состоит из разновременных листов, искусственно объединенных после кончины Леонардо.

ставит вопрос, так же ли налегают перья и в другой части крыла. Как бы то ни было, общий смысл текста ясен и трудность заключается лишь в переводе.

[4] (к стр. 506). В оригинале: *ab*.

[5] (к стр. 506). Эти рули Леонардо часто называет также «большими пальцами крыльев» (ср. ниже). Имеется в виду так называемая alula, крылышко, действительно соответствующее большому пальцу руки.

[6] (к стр. 521). Смысл этого неоконченного доказательства сводится к тому, что расстояния *df* и *fb* обратно пропорциональны силам. Чертеж должен рассматриваться в зеркале.

[7] (к стр. 527). Этот абзац помещен под рисунком.

[8] (к стр. 543). В оригинале: книзу.

[9] (к стр. 543). В оригинале: приподняты.

[10] (к стр. 543). В оригинале: опущен.

[11] (к стр. 547). В оригинале: верхнее.

[12] (к стр. 558). Ср. также отрывок W, 12657, помещенный на стр. 506—507.

[13] (к стр. 561). В оригинале: против течения.

[14] (к стр. 566). Первый руль, как мы уже видели (стр. 509), находится на «плече» (запястье) птичьего крыла.

[15] (к стр. 582). В оригинале: кзади.

[16] (к стр. 588). В оригинале: правого.

[17] (к стр. 592). Начало этого отрывка см. на стр. 613—614.

[18] (к стр. 593). Имеется в виду муравьиный лев (Myrmeleon formicarius L.).

[19] (к стр. 594). Подпись под левым рисунком.

[20] (к стр. 600). Т. е. $\frac{30-6}{2} = 12$.

[21] (к стр. 601). В оригинале: $^{1}/_{220}$.

[22] (к стр. 601). В оригинале: в 60 раз.

[23] (к стр. 603). Крыло прикреплено к подставке (zoccolo), на которой написано: «tutto libre 150» (общий вес 150 фунтов). Посредством блока, прикрепленного к потолку (solaro), человек, весящий 200 фунтов и находящийся в *n*, поднимает это крыло. Если таких крыльев два, а вес обеих подставок (300 фунтов) заменен весом человека и других частей летательного прибора, то при условии, что сила тяжести в соединении с силой мускулов равна 300 фунтам, прибор сможет, полагал Леонардо, подняться вверх.

[24] (к стр. 615). Это — первое в литературе описание парашюта. Эскиз парашюта помещен на рисунке направо вверху.

[25] (к стр. 615). В этом отрывке впервые в литературе описан геликоптер. Характерно, что, наряду с проектом большого прибора, радиусом в 8 локтей (приблизительно 4,8 м), Леонардо намечает эксперименты с небольшой моделью. На рисунке внизу, около оси винта, изображено нечто вроде барабана, вокруг которого намотана веревка. При быстром своем разматывании она должна

приводить во вращение волчок. Вместе с тем на рисунке изображен горизонтальный рычаг, посредством которого, очевидно, винт должен был быть вращаем пилотом.

Химия

В разделе «Химия» условно объединены разнообразные отрывки, относящиеся к самым различным отраслям практической деятельности Леонардо — живописца и техника. Не видно, чтобы Леонардо собирался писать специальные трактаты по этим вопросам. Отрывки по большей части носят характер рецептов и охватывают металлургию, технику изготовления красок, лаков, масел для живописи, изготовление ароматов и благовоний, военное дело (порох, «греческий огонь»), выделку искусственных камней и жемчуга и т. д. Часть таких рецептов должна была, разумеется, войти в большое сочинение о живописи, кое-что — в сочинение о природе. Но характерно, что мы имеем дело именно с рецептами, здесь нет обобщений, как в других разделах, таких, какие имеются, например, там, где Леонардо анализирует полет птиц, движения животных, или в «науке о воде», где конкретные наблюдаемые явления, как правило, возводятся к общим законам механики. Разве только анализируя смешение красок, Леонардо сделал попытку внести известную систему; верный своей мысли, что «пропорция обретается всюду» (стр. 12), он проследил всевозможные комбинации двух, трех и более красок (ср. стр. 629—630).

Такая эмпирическая рецептура в области химии исторически понятна. Для Леонардо «никакой достоверности нет в науках там, где нельзя приложить ни одной из математических наук, и в том, что не имеет связи с математикой» (стр. 12). Но химия времен Леонардо еще не созрела для широких теоретических обобщений, для «математической химии».

Мы уже указывали (стр. 906), что Леонардо называл алхимию «исполнительницей простых произведений природы», имея в виду ту ремесленную химию, которая лабораторным путем на основе производственного опыта создает новые вещества, отсутствующие в природе. С другой стороны, Леонардо заявлял, что природа способна создавать и такие вещества, которые не в силах создать алхимики в своих лабораториях. К их числу относится золото (стр. 15—16). Как бы то ни было, алхимические обобщения и объяснения, полные фантастики и мистики, Леонардо отвергал безусловно. Алхимическая традиционная символика лишь иногда служила для него дополнительным средством зашифровать свои производственные секреты. В ней не было ничего мистического и таинственного.

Несколько особняком стоят тексты, посвященные горению и пламени, которыми мы начинаем раздел. Но и они, несмотря на обобщающую форму изложения, в сущности гармонируют с дальнейшими эмпирическими рецептами и указаниями. Леонардо ведь преимущественно описывает пламя и его

свойства, а если и объясняет, то объясняет на основе традиционного учения о переходе стихий друг в друга. Разумеется, нельзя видеть в высказываниях Леонардо какие-либо намеки на кислородную теорию горения, что делали некоторые старые исследователи [1]. Воздух в соответствии с традиционным учением мыслился им как простое тело, т. е. «элемент» или «стихия». Этот воздух-стихия при горении вместе с «питающим веществом» свечи превращается в другую стихию — огонь.

Если Леонардо утверждал, что там, где «не живет пламя», там не живет и животное, которое дышит (стр. 616), то это вовсе не означало, что он ставил знак равенства между горением и процессом окисления в организме (или даже только сближал их). Ведь источник тепла в организме, по Леонардо,— механическое трение крови о стенки сердца, а роль дыхания сводится к охлаждению чрезмерно разгоряченной крови свежим воздухом (см. стр. 813).

В текстах, посвященных пламени, чувствуется глаз наблюдателя-художника, во-первых, и глаз ученого, для которого прежде всего другого интересно механическое движение, во-вторых. Леонардо следит за движениями паров и «влаги» в пламени, рассматривает их различную тяжесть и легкость и т. д. Наконец, здесь совершенно ясен интерес металлурга — внимание к температуре различных частей пламени, к качеству древесного материала и т. д.

Нас завело бы слишком далеко исследование истории отдельных рецептов — всех исторических сопоставлений и противопоставлений, которые в данном случае возможны.

[1] (к стр. 624). Здесь и в следующем отрывке Леонардо, помимо обычного для него зеркального письма, прибегает еще и к некоторым другим приемам засекречивания. Во-первых. он пользуется, следуя алхимическим традициям, названиями планет вместо названий металлов (Венера — медь, Юпитер — олово, Сатурн — свинец, Меркурий — ртуть, Нептун — бронза). Во-вторых, некоторые слова он пишет не зеркально, а обычно, которые в зеркале, следовательно, читаются наоборот. Таким образом, Аренев — Венера, Иирукрем — Меркурий, олкетс — стекло, аруб — бура, каджан — наждак. В-третьих, Леонардо пользуется образными выражениями (бросать в лоно матери — переплавлять в матрице, Меркурий убежал — ртуть улетучилась) и неологизмами (invulghanare — провулканить, от мифического Вулкана, т. е. прогреть на огне; s'innectunnare — превратиться в бронзу, от Nectunno — Нептун).

[2] (к стр. 625). Сагома — ломбардское слово, которое у Леонардо имело разные значения. Основное значение его — форма, отсюда — шаблоны, шлифовальные щеки и целые инструменты для формовки и полировки выпуклых и

[1] Например, H. Grothe. Leonardo da Vinci als Ingenieur und Philosoph. Berlin, 1874. Из русских авторов Н. Ф. Сумцов утверждал, что «Леонардо был близок к открытию кислорода» («Леонардо да Винчи» Харьков, 1900, стр. 129)

вогнутых поверхностей. Отрывок имеет в виду процесс полировки вогнутых зеркал. Техникой изготовления вогнутых зеркал и ее секретами Леонардо особенно дорожил (см. стр. 733).

[3] (к стр. 628). Жан Парижский — Жан Переаль, французский художник, сопровождавший Людовика XII в Италию.

[4] (к стр. 629). Ср. примеч. на стр. 990.

[5] (к стр. 634). Речь идет о машине для изготовления иголок.

[6] (к стр. 640). Солнце — алхимическое обозначение золота.

О свете, зрении и глазе

Неведомый составитель «Трактата о живописи» включил в него значительное число отрывков оптического содержания, но эти отрывки далеко не исчерпывают всего разнообразия леонардовских записей по вопросам оптики. Много оптического содержат рукописи С и D. Первую из них иногда называли трактатом о свете, вторую — трактатом о глазе. Но и они, как и все прочие рукописи Леонардо, не являются трактатами в строгом смысле слова. Еще более далеко шли широкие замыслы Леонардо [1].

По утверждению Леонардо, «перспектива»— дочь живописи (стр. 644). «Перспектива» в данном случае, в соответствии с давней традицией, означает оптику в целом и является точным переводом греческого термина ὀπτική. Он охватывает одновременно и учение о свете (физическую оптику) и учение о зрении (оптику физиологическую).

Во времена Леонардо, однако, из оптики уже начала выделяться техническая дисциплина, соответствующая теории перспективы в нашем смысле слова. Итальянские художники стали называть ее prospettiva artifiziale (искусственной или художественной перспективой) в отличие от «перспективы натуральной» (prospettiva naturale).

Уже предшественники Леонардо и практически и теоретически овладели основными принципами линейной перспективы. В сочинении Леона-Баттисты Альберти о живописи, относящемся к середине 30-х годов XV в., плоскость картины определяется как сечение «зрительной пирамиды», т. е. пучка лучей, соединяющих поверхность видимого предмета с глазом наблюдателя. Плоскость картины для Альберти — как бы «прозрачное стекло, сквозь которое проходит

---

[1] В «Трактате о живописи» имеются отрывки, позволяющие судить, как Леонардо собирался поделить на книги свой обобщающий труд о живописи (ср. Т. Р., 6, 131, 132, 511). Другие отрывки показывают, что он выходил и за эти рамки. Так, вместо одной книги о свете и тени (Т. Р., 438), он в другом месте намечает их семь (С. А., 250 а).

зрительная пирамида» [1]. Сходно Леонардо определял плоскость картины как сечение пучка зрительных лучей, соединяющих точки предмета с глазом зрителя. Он называл эту плоскость pariete, уподобляя ее стеклянной стене (ср. стр. 658 и др.).

Но главное внимание Леонардо было устремлено не на эту, как уже сказано, сравнительно разработанную область. Леонардо не ставил себе задачей дать систематическое изложение принципов линейной перспективы. Его главным образом интересовали дефекты ее, недостаточность ее для полного и правдивого изображения действительности. Искажения на краях картинной плоскости, невозможность судить об удаленности двух разной величины предметов по двум равновеликим проекциям их на картинной плоскости (стр. 669—670) и т. д. — этим вопросам Леонардо уделил особое внимание. Линейная перспектива — перспектива одноглазого неподвижного наблюдателя, предполагает, что картина должна рассматриваться с той точки зрения, с которой она написана, только в этом случае она не дает искажений.

В этом отношении очень интересен большой отрывок из рукописи Е, который не вошел в «Трактат о живописи» (см. стр. 666 и сл.). Здесь наиболее полно отразилась противоположность двух «перспектив» — новой, «искусственной», проицирующей предметы на плоскую поверхность, и «натуральной», восходившей к древности и измерявшей видимую величину предмета величиной угла.

Нетрудно видеть, что проекции боковых тел на плоскую поверхность больше, чем проекция среднего, тогда как, наоборот, углы зрения соответственно меньше для боковых и больше для среднего тела. Одно зрительно компенсирует другое лишь при нахождении глаза в точке *h*. В других же случаях предметы, изображенные на плоскости *ed*, кажутся деформированными.

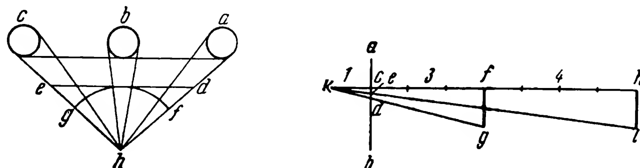
В свете этого, а также других родственных отрывков, объясняются кажущиеся противоречия между отдельными высказываниями Леонардо. Как только что сказано, согласно учению, восходящему к древности [2], воспринимаемая величина предмета зависит от величины зрительного угла. В соответствии с этим и Леонардо писал: «Маленькая вещь вблизи и большая издали, будучи видимы под одинаковыми углами, покажутся одинаковой величины» (А, 8об.). Однако на том же листе рукописи и в других местах (см. стр. 662 настоящего издания) Леонардо дал и другое правило, ставящее в зависимость величину предмета

---

[1] Л.-Б. Альберти. Три книги о живописи, кн. 1. Русск. пер. в издании: Альберти. Десять книг о зодчестве, т. II, М., 1937, см. стр. 32. Несколько дальше (стр. 36) Альберти уподобляет плоскость картины открытому окну.

[2] Ср. например, Евклид. Оптика, определение 4-е.

от величины расстояния. Противоречия нет, так как в этом последнем случае речь идет уже не об изменении воспринимаемой величины предмета, а об изменении величины его проекции на картинной плоскости. Если картинная плоскость ab удалена (как в случае, приводимом Леонардо) от глаза на 1 локоть, а предмет fg — на 4 локтя, то из подобия треугольников kcd и kfg следует, что $\frac{cd}{fg}=\frac{1}{4}$, а при удалении предмета на 8 локтей в положение hi мы имеем аналогично $\frac{ce}{hi}=\frac{1}{8}$ и т. д. [1]



В отличие от «перспективистов»-геометров Леонардо живо интересовался проблемой бинокулярного зрения, которое, как он был убежден, является основой для восприятия рельефа (см. стр. 670). Он разрабатывал учение о свете и тени, о воздушной перспективе, являющихся могучими средствами передавать рельефность и удаленность предметов (см. стр. 673 и 693).

В отличие от античной (евклидовской) теории, основывавшей восприятие видимой величины всецело на величине зрительного угла, Леонардо вместе с Алхазеном и Вителло рисовал себе процесс восприятия величины более сложно, полагая, что в данном случае играет роль не только угол, но и разная оценка отдаленности предмета, основанная на отсутствии или наличии промежуточных предметов и т. д. [2].

---

[1] Вот почему неправ Ж.-П. Рихтер (J.-P. Richter. The literary works of Leonardo da Vinci. 2-d ed., London, 1939, т. I, стр. 156—157), когда замечает, что текст А, 8об., является ответом на теорему 8-ю «Оптики» Евклида, гласящую, что видимые величины равных и параллельных друг другу тел, расположенных с одинаковыми интервалами от глаза, не стоят друг к другу в том же отношении, в каком находятся их расстояния.

[2] Большой фактический материал с интересными выдержками, иллюстрирующими эволюцию «натуральной» и «искусственной» перспективы в XVI—XVII вв., содержится в работе E. Panofsky. Die Perspektive als «symbolische Form». Vorträge der Bibliothek Warburg 1924—1925 (Leipzig — Berlin, 1927), стр. 258—330.

В основе леонардовской теории зрения лежало представление о «подобиях» (similitudine) или «образах» (specie), исходящих от предмета и достигающих глаза. Физическую природу этих «образов» Леонардо ближе не определял, но, повидимому, они ближе к стоическим «образам», являвшимся своеобразными видоизменениями некоей материальной среды, нежели к материальным истечениям («эйдолам») Демокрита и Эпикура. Это явствует хотя бы из того, что образы взаимно проникают друг в друга. Леонардо говорит, что они — все во всем и все в любой малой части воздуха (стр. 648 и др.). Геометрический смысл этого заявления сводится к тому, что поверхность любого видимого предмета может рассматриваться как основание бесконечного множества зрительных конусов, имеющих своей вершиной бесчисленные точки воздуха (возможные положения глаза) и вместе с тем может быть (как и любая точка предмета) проектирована на любую другую противостоящую ей поверхность (ср. стр. 649). Понятие «образа» было нужно Леонардо-оптику при его геометрических построениях; оно было нужно Леонардо-физику и философу, чтобы объяснить, не прибегая к «действию на расстояние», взаимодействие между двумя телами (видимым предметом и глазом), удаленными друг от друга. Но, как я уже сказал, в физическую природу этих «образов» Леонардо не старался глубже вникать, если не считать уподобления волнам, проникающим друг в друга и не уничтожающим друг друга (стр. 348 и др.).

Учению о распространении «образов» Леонардо придавал вместе с тем более широкое значение, выходящее за пределы собственно оптики. Он искал некоторые общие закономерности, охватывающие распространение в с е х физических «сил» — звука, теплоты и т. д. (см. стр. 644—657). В этом контексте следует рассматривать и его высказывания об аналогии между распространением волн воды, света и звука (стр. 653) [1].

Весьма характерными для Леонардо являются записи С. А., 270об. с, и С.А., 270 b, помещенные на стр. 645 и сл. Здесь—типичные раздумья, взвешивание доводов «за» и «против». Предметом этих раздумий являются возникшие в древности теория «истечения» и теория лучей, исходящих из глаза. Не исключена возможность, что в указанные отрывки вкраплены и выписки из средневековых сочинений. Таковы поверья о действии глаза волков, василисков, страусов, пауков; они звучат у Леонардо едва ли не иронически и во всяком случае гро-

[1] Предшественниками Леонардо в деле создания такого общего учения «О распространении образов» (De multiplicatione specierum) были Роджер Бэкон (1214—1294) и его учитель Роберт Гроссетест (Большеголовый, 1175—1253). Ср. В. П. З у б о в. Из истории средневековой атомистики. Труды Ин-та истории естествознания АН СССР, т. I. М.—Л., 1947, стр. 291—293.

Леонардо интересовался произведениями Р. Бэкона (см. стр. 28 настоящего издания), но трудно сказать, какие из них могли быть ему известны.

тескно наряду с упоминанием о взорах девушек, способных «притягивать к себе любовь мужчин». Самое же главное, что акценты вековых традиционных споров у Леонардо перемещены и распределены совершенно по-новому. Противники теории лучей, исходящих из глаза, основывали свою аргументацию на том, что глаз должен был бы на далеких расстояниях «истощать» запас своей «зрительной способности» (этот аргумент повторен у Леонардо в отрывке В. N. 2038, 1; см. стр. 648). Но Леонардо не мог не видеть, что аргумент одинаково применим и к любым материальным истечениям предметов. Вот почему его размышления двигались в совершенно ином, отличном направлении: его интересовала общая возможность тончайших материальных истечений из тел, не причиняющих «ущерба» этим телам (примеры мускуса, колокола, рыб со светящимися глазами и т. д).

Оптика Леонардо возникла не на пустом месте. В области геометрической оптики Леонардо располагал довольно обширным наследием. Евклид, египетский ученый X—XI вв. Ибн ал-Хайтам (Алхазен), польский оптик XIII в. Витело, Джон Пекам — всех этих авторов Леонардо хорошо знал [1]. Алхазен и Витело разрабатывали также и вопросы физиологической оптики, или, точнее, психологии зрительного восприятия, т. е. те вопросы, которые живо занимали Леонардо-живописца и Леонардо — теоретика живописи. Однако занимали они указанных средневековых ученых в совершенно другой связи.

Зрительное восприятие величины, формы, цвета и других особенностей видимого предмета в зависимости от расстояния, положения, свойств промежуточной среды и других факторов Алхазен и Витело трактовали как «обманы зрения». Необходимость изучения этих «обманов» диктовалась у них задачей выяснить истинные свойства предмета: внести зрительные поправки при астрономических наблюдениях. Леонардо как живописец подошел к рассмотрению тех же явлений с другой стороны: его задачей было не элиминировать среду, изменяющую восприятие предмета, а исследовать это влияние с тем, чтобы отразить его в картине: правильно передать синеву далеких гор, оттенки цвета, видимого сквозь туман, и т. д.

Зависимость от предшественников сказалась и в области теории теней. Здесь также потребности астрономии уже раньше обусловили разработку ряда теорем. Леонардо перенес некоторые из них в свои записи. Так, в «Трактате о

[1] Отношение Леонардо да Винчи к Витело (и Алхазену) освещено мною в докладе, который был прочитан на объединенной сессии Отделения истории и философии и Отделения технических наук АН СССР, посвященной 500-летию со дня рождения Леонардо да Винчи. В расширенном виде (с научным аппаратом) доклад напечатан в «Трудах Института истории естествознания и техники АН СССР», М., 1954, т. I, стр. 219—248.

живописи» мы встречаем теорему, гласящую: «Невозможно, чтобы на каком-либо расстоянии светящееся тело, будучи больше затененного, могло освещать ровно половину этого затененного» (Т. Р., 697; см. стр. 675—676). Эта теорема имеется уже у Аристарха Самосского в его сочинении «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» (положение 2-е): «Если сфера освещается сферой большей, чем она, то будет освещена часть ее, бо́льшая полушария» [1].

Читающему «Трактат о живописи» Леонардо и другие его фрагменты не может не броситься в глаза, что многие положения о тенях доказываются преимущественно на примере сферических тел. Нет сомнения, что выбор таких тел был обусловлен преимуществами в смысле простоты изложения. Но нет сомнения также, что именно в геометрической разработке учения о тенях Леонардо обнаружил наибо́льшую зависимость от более ранней астрономо-оптической литературы (хотя бы, например, в части, посвященной затмениям).

В леонардовских отрывках, посвященных теням, мы находим, однако, и другое,— тонкие наблюдения живописца над распределением теней и света в древесной листве [2] и т. д. Точно так же, хотя уже Алхазен и Витело наметили исчерпывающую классификацию возможных «обманов зрения», Леонардо пошел обратным, индуктивным путем, начиная со всего конкретного разнообразия различных случаев, сопоставляя их и обобщая [3].

Исследуя законы воздушной перспективы, т. е. влияния сред различной прозрачности и плотности на восприятие свойств предмета, Леонардо вынужден был ограничиться качественными характеристиками, не выходя за пределы самого общего сопоставления: «чем больше то-то, тем больше то-то» (tanto—quanto)[4].

При исследовании законов зрения Леонардо старался всегда строго различать физические процессы, происходящие в окружающей среде, и процессы внутри воспринимающего органа. Так, путем ряда опытов (стр. 726 и сл.) Леонардо

[1] Положение Аристарха могло стать известным Леонардо да Винчи через Витело («Перспектива», II, 27).

[2] В нашем издании в качестве примеров приводятся отрывки G, 9, и G, 3—2об. (стр. 677—678).

[3] Эти наблюдения систематизированы нами в разделах «О явлениях светового контраста», «О влиянии яркости предмета и его фона на восприятие его величины», «О восприятии границ тела на различных расстояниях», «О субъективных зрительных ощущениях».

[4] И здесь замечается склонность Леонардо упростить до предела пропорциональные соотношения, превратив их в простейшие функциональные зависимости (например, В. N. 2038, 22 об.; Е, 17; W. An. VI, 22, и много других). Вместе с тем Леонардо-эмпирик чувствовал сложность задачи (ср. стр. 694 и 696).

устанавливает, что сияющие лучи, кажущиеся выходящими из светящихся предметов, обусловены веками глаз. С другой стороны, расплывание контуров, видимость отдельных мелких частей отдаленного предмета и т. д. зависят, по Леонардо, от тех видоизменений, которые претерпевают «образы» в промежуточной среде; иными словами, это — физические изменения, не зависимые от воспринимающего их глаза: «образы» воспринимаются глазом такими, какими до него доходят.

Физичность многих объяснений Леонардо, касающихся зрения, отразилась и на его терминологии. Если лучи одного предмета доходят до другого, то Леонардо говорит о втором, что он «видит» первый. Так зеркало «видит» отражающийся в нем предмет, Солнце «видит» море и, наоборот, море «видит» Солнце. В таких выражениях не следует искать какой-либо поэтической фигуральности или анимизации. Они являются для Леонардо указанием, что глаз стоит в том же самом отношении к воспринимаемым им предметам, в каком стоял бы любой другой физический предмет, который встал бы на его место,— геометрические соотношения тождественны. Воздействие на глаз—процесс физический.

Нужно напомнить, что в период, когда еще сильны были схоластические традиции, все это было вещью далеко не очевидной и не общепризнанной. Один из родоначальников средневекового идеализма, Плотин в своих «Эннеадах» (см. в особенности III, 6) старался доказать, что «бестелесные вещи», к каковым относится душа, неспособны испытывать страдательные состояния под воздействием чего-либо внешнего, а материя вообще не может воздействовать на что-либо, так как она абсолютно пассивна.

В психологии зрения Леонардо абстрактные душевные способности играли весьма незначительную роль. Правда, мы встречаем у него такие термины, как impressiva или memoria. Но их нельзя переводить как «чувствующая способность» или «способность памяти». Это — функции определенных участков мозга, которые Леонардо точно локализировал (ср. W. An. V, 7; стр. 834.) Поэтому, когда Леонардо описывал путь «образа» от глаза к impressiva, то для него это был пространственный путь по «полому нерву» и т. д. к некоему строго локализуемому «чувствилищу» (ср. стр. 695).

Читая отрывки Леонардо да Винчи, посвященные строению и функциям глаза, необходимо твердо помнить о двух обстоятельствах, без чего многие места могут показаться непонятными. Имея дело с глазами мертвого человека и мертвых животных, Леонардо неправильно представлял себе форму и положение хрусталика. Во-1-х, он мыслил хрусталик не в виде двояковыпуклой линзы, а в виде сферы. Во-2-х, он думал, что хрусталик не прилегает к радужной оболочке, и помещал его примерно в центре глаза. Показательным является в этом отношении рисунок из «Атлантического кодекса» (337 а; см. стр. 710).

Неправильно представлял себе Леонардо и функции хрусталика. По его представлению, хрусталик должен осуществлять второе перворачивание изображения, после того как изображение предмета в первый раз перевернулось, пройдя через роговую оболочку (luce) и отверстие зрачка (pupilla). Точного хода лучей Леонардо не мог открыть, не зная законов преломления. Но тем не менее для общего духа Леонардо-ученого характерными остаются попытки сконструировать искусственные модели глаза и экспериментировать с ними (см. стр. 711 настоящего издания).

Леонардо да Винчи знал: опыт не обманывает, обманывают наши суждения. Эти ошибки суждения и физические поводы к ним весьма занимали его. В частности, объяснение, которое Леонардо дал видимому увеличению светил у горизонта,—психологическое [1].

Однако Леонардо пытался экспериментально проверить и ту роль, которую может играть при этом рефракция. Он намечал сделать стеклянную оболочку наподобие воздушного слоя, облегающего Землю, и с ней проделать опыты (см. стр. 692).

Именно в этом контексте и следует брать заметку Леонардо: «Сделай очковые стекла для глаз, чтобы видеть Луну большой» (С. А., 190), заметку, в которой некоторые хотели видеть предвосхищение зрительной трубы. Впрочем, отрывок А, 12 (см. стр. 729 настоящего издания) свидетельствует о поисках и в другом направлении.

По поводу этого отрывка С. И. Вавилов писал: «Леонардо передает здесь не всем известное, но крайне просто повторимое наблюдение о значи-

[1] Как известно, Птолемей объяснял это явление неправильной оценкой расстояний: отсутствие промежуточных предметов между ними и светилом, находящимся в зените, заставляет нас преуменьшать расстояние и, наоборот, преувеличивать его, когда светило у горизонта. Тот же Птолемей обращал, однако, внимание и на влияние паров (т. е. в конечном итоге на рефракцию). Алхазен и Витело точно так же считали главной психологическую причину, так как светила кажутся крупнее у горизонта даже тогда, когда нет «плотного пара».

Первое объяснение содержится в «Оптике» Птолемея (в книге III), дошедшей до нас неполностью лишь в латинском переводе, сделанном в XII веке с более раннего арабского перевода (издан G. Govi: L'ottica di Claudio Tolomeo da Eugenio ammiraglio di Sicilia—scrittore del secolo XII—ridotta in latino sovra la traduzione araba di un testo greco imperfetto... Torino, 1885). Второе объяснение — в «Альмагесте» того же Птолемея (I, 3; ср. также Страбон, III, 1). Соответствующие тексты Алхазена и Витело: Opticae thesaurus Alhazeni, l. VII, § 54; Vitello, Optica, l. X, § 54 (по изданию Иоганна Риснера, Базель, 1572, в котором помещены оба произведения).

тельных увеличениях, достигаемых при рассматривании простым глазом действительного изображения удаленного предмета от выпуклой линзы, если фокусное расстояние линзы больше, чем расстояние наилучшего зрения. Донжон и Куде[1] указывают, что с линзой и фокусным расстоянием в 12 м нормальный наблюдатель получит 50-кратное увеличение, а близорукий еще большее. Курьезно читать в превосходной книге этих авторов строки, свидетельствующие о том, насколько даже в наше время мало известно все сделанное Леонардо: «Если бы,—пишут они,— применение такой простой установки предваряло трубу с двумя линзами, то автор ее заслуживал бы названия предшественника, на самом деле этого не случилось». Приведенная нами запись Леонардо со всей очевидностью свидетельствует, что на самом деле «это случилось»[2].

Но если у Леонардо мы действительно находим описание однолинзового телескопа, то утверждение, будто он является изобретателем галилеевой зрительной трубы, несостоятельно[3]. Защищая это утверждение, Арджентьери основывался на тексте F, 25, приведенном в русском переводе на стр. 729—731 настоящего издания[4]. Ход его рассуждения таков. Он берет начало текста и обрывает его на слове «тонким», т. е. читает вторую фразу так: «С краев оно [очковое стекло] должно быть в одну унцию от унции, т.е. в $^{1}/_{144}$ локтя,

---

[1] A. Donjon et A. Couder. Lunettes et téléscopes, p. 1 et 581. 1935

[2] Академик С. И. Вавилов. Галилей в истории оптики. Сб. «Галилео Галилей». Изд. АН СССР, М.—Л., 1943, стр 20.

[3] Такое заявление сделал Domenico Argentieri в статье «L'ottica di Leonardo». Сб. «Leonardo da Vinci. Edizione curata della mostra di L. da Vinci in Milano, 1939». В моем распоряжении было немецкое издание этого сборника (Берлин, без указания года).

[4] Считаю необходимым привести его здесь в оригинале: Ochiale di cristallo grosso da lati un oncia d'un oncia. Questo ochiale di cristallo debbe essere netto di macchie e molto chiaro e dai lati debbe essere grosso un'oncia d'un oncia cioè $^{1}/_{144}$ di braccio e sia sottile in mezzo secondo la vista che lui l'a adoperare, cioè secondo la proportione di quelli ochiali che a lui stanno bene. E sia lavorato nella medesima stampa d'essi ochiali E la larghe[zza] di tal tavola sarà $^{1}/_{6}$ di braccio e la lunghezza $^{1}/_{4}$ di braccio, e cosi sarà lunga 3 onzi e larga 2 cioe un quadrato e mezzo. E questo tale ochiale si debbe adoperare remoto dal ochio un 3° di braccio, e alteretanto sia remoto dalla lettera che tu leggi. E s'ell'e discosto più, essa lettera parrà maggiore: in effetto la lettera commune in istampa parrà lettera di scatole da spitiali. Questo, cioè ochiale, è bono da tenere in iscrittoio, ma se lo voi tenere per fuori, fa lungo $^{1}/_{8}$ di braccia e largo $^{1}/_{12}$.

а в середине—тонким». Леонардо говорит о том, что в середине толщина (или тонкость) стекла должна соответствовать зрению наблюдателя. Арджентьери толкует слова Леонардо так, что речь идет о стекле, которое т о н ь ш е в середине, чем по краям, т. е. о вогнутой линзе. Но так как подобная линза не может дать увеличения, а Леонардо дальше говорит об увеличении, то Арджентьери предполагает наличие в т о р о й линзы, положительной. Все остальное — натяжки, которыми автор пытается оправдать свою неверную исходную точку зрения. Он игнорирует, что Леонардо всюду говорит о стекле в единственном числе, что рисунок явно изображает стекло в рамке или оправе и что его только при сильном воображении можно принять за рисунок трубы. Совершенно искусственно толкует Арджентьери и слово tavola, которое Леонардо применяет к описываемому им стеклу [1].

Путем дальнейших домыслов в подкрепление своей неверной исходной позиции Арджентьери полностью реконструировал «трубу Леонардо» и пришел к выводу, что она должна была давать увеличение 1,41. Самое курьезное, что модель такой «зрительной трубы Леонардо да Винчи» демонстрировалась на Миланской выставке 1939 г.

Нельзя не отметить, что вся статья Арджентьери полна антиисторических, модернизирующих интерпретаций оптических текстов Леонардо. В частности, укажу, что в тексте B. N. 2038, 1 (приводимом нами в русском переводе на стр. 648), Арджентьери (стр.407—408 нем. изд.) увидел указания якобы на убежденность Леонардо в конечной скорости света. Он забывает, что если сторонники критикуемой Леонардо теории «исхождения лучей из глаза» утверждали, что эти лучи распространяются с конечной скоростью, то отсюда вовсе не следует, что и Леонардо должен был утверждать то же о свете, исходящем от предметов. Так же как и Леонардо, критиковали теорию «лучей из глаза» и чистые аристотелики, согласно которым свет распространяется мгновенно. Забывает Арджентьери и о том, что критика, содержащаяся в тексте B. N. 2038, 1, очень близка к критике, которую уже дал в XIII в. польский оптик Витело.

В новом издании текстов Леонардо да Винчи на немецком языке (L e o n a r d o d a V i n c i. Tagebücher und Aufzeichnungen, übersetzt und herausgegeben von Th. Lücke, Leipzig, 1952, стр. 625) изображение на листе F, 25

[1] Арджентьери (стр. 421 немецкого издания) вспоминает в этой связи отрывок B. M., 145об., аналогичный приведенному нами на стр. 32: «Все сокращения цилиндра, более низкие, чем куб, называются плитами [tavole, досками]» (Forst., I, 40об.). Арджентьери делает отсюда вывод, который никак нельзя назвать правомерным: «К горизонтально расположенной трубе, согласно объяснению Винчи, применимо слово tavola, тогда как в вертикальном положении она включалась бы в понятие цилиндра» (стр. 422). Ведь у Леонардо речь идет о «сокращении» в ы с о т ы цилиндра, а не его диаметров!

правильно толкуется как «eine Lupe mit viereckigen Rahmen» (лупа в четырехугольной рамке) [1].

[1] (к стр. 643). Ср. выше, стр. 886.

[2] (к стр. 644). О значении термина spirituale у Леонардо см. стр. 941.

[3] (к стр. 667). На полях помещен последний абзац отрывка.

[4] (к стр. 673). В оригинале: *b*.

[5] (к стр. 676). В оригинале: *c*.

[6] (к стр. 680). Ср. отрывки, приводимые на стр. 719 и сл.

[7] (к стр. 704). Под «атомами» Леонардо понимает здесь пылинки. Ср. стр. 237 и 351.

[8] (к стр. 707). В оригинале недописано: le pe[sce]?

[9] (к стр. 707). См. стр. 941.

[10] (к стр. 729). Леонардо, видимо, основывался в своей аргументации на том, что слабая зрительная способность требует и менее сильного воздействия, так как более сильное оказывается для нее чрезмерным (ср. на стр. 720 отрывок G, 44). Именно поэтому предмет должен быть отодвигаем дальше.

[11] (к стр. 732). Некоторые буквенные обозначения в этом абзаце изменены в соответствии с чертежом. Так, вместо *nl*, в оригинале написано *kl*, вместо *hd* — *kd*, вместо *ild* — *idl*, вместо *ilh* — *ilh*, вместо *hvs* — *shv*, вместо *dxy* — *xyd*, вместо *kly* и *slm* — *v* и *x*. Ввиду остающихся неясностей зеркальный чертеж оригинала приведен без изменений, в неперечерченном виде.

[12] (к стр. 733). В другом варианте того же письма (C. A., 283 a) Леонардо писал: «Я предлагал ему жить вместе, для чего я устроил бы ему верстак около одного из подоконников, где он мог бы обрабатывать напильником и довершать вещи, изготовляемые внизу, и таким образом я непрерывно наблюдал бы за производимой им работой и легко мог бы исправлять ее. А кроме того, он научился бы итальянскому языку, на котором легко сумел бы говорить без переводчика».

[13] (к стр. 734). Ср. также об особых приемах засекречивания записей, касающихся изготовления зеркал, на стр. 990 настоящего издания.

---

[1] Лишь после того как были написаны эти замечания, мне стала известна статья С. Тимпанаро, впервые опубликованная в 1940 г. и включенная в сборник его статей, вышедший в 1952 г. (Seb. T i m p a n a r o. Un errore d'interpretazione d'una pagina di Leonardo. Scritti di storia e critica della scienza, Firenze, 1952, pp. 80—85). Автор убедительно показал неправоту Арджентьери. Совпадение выводов, полученных независимо друг от друга, как мне кажется, является еще одним аргументом против того, что текст Леонардо содержит описание зрительной трубы.

Астрономия

В «Трактате о живописи» (см. стр. 735) Леонардо утверждал, что «наука о зрительных линиях», т. е. оптика, породила астрономию, которая, таким образом, является не чем иным, как прикладной оптикой. Действительно, если присмотреться к астрономическим отрывкам самого Леонардо, то наибольшее место отведено в них именно вопросам, связанным с оптикой. Он вовсе не занимается астрономическими вычислениями и наблюдениями, имеющими целью уточнить наши сведения о движении светил. Мы не находим у него упоминаний о кометах и солнечных затмениях, наблюдавшихся в его время. Леонардо да Винчи не занимали вопросы календаря. Зато увеличение светил у горизонта, свет Луны и лунные пятна, мерцание звезд,— вот темы, к которым он постоянно возвращался. Рассуждениям о свете Луны по замыслу Леонардо должен был быть предпослан трактат о тени и свете (стр. 751). Точно так же, рассуждая о Солнце, Леонардо главное внимание уделил выяснению оптических причин, почему видимый диаметр не соответствует действительным размерам Солнца [1].

Но за конкретными вопросами «прикладной оптики» нетрудно разглядеть космологические проблемы, привлекавшие постоянное внимание Леонардо. Ряд текстов с полной очевидностью показывает, что великий ученый не удовлетворялся средневековыми представлениями о вселенной и гениально предвосхитил некоторые пункты новой коперниканской системы мира (ср. выше, стр. 909). Его рассуждения о происхождении света Луны основаны на мысли, что Луна — другой мир, подобный нашему, что вселенная однородна. Утверждая, что Земля не в центре мира (стр. 753), Леонардо утверждает множественность

---

[1] Мнение, что «Солнце имеет такую величину, какой оно кажется» (стр. 736), Леонардо связывает с именем Эпикура. Об этом положении Эпикура см. у псевдо-Плутарха «О мнениях философов» (II, 21; было венецианское издание 1509 г.). Подробное опровержение Эпикура имеется у Клеомеда (Cleomedis de mundo Georgio Valla interprete, Ven., 1498). В С. А., 141об., Леонардо упоминает Клеомеда (Cleomete filosofo). Мнение Эпикура, разумеется, не было распространенным среди астрономов даже гораздо более раннего времени, чем XV век. Полемика с этим мнением у Леонардо носила не столько астрономический характер, сколько философский: Леонардо важно было показать недостаточность односторонне и узко понятого сенсуализма, сводящего в с е наше познание к показаниям чувств. Нельзя не вспомнить в этой связи и Аристотеля («О душе», III, 3), утверждавшего, что чувственный образ может давать нам обманчивое представление о вещах, о которых тем не менее мы можем судить правильно (пример — Солнце, которое для глаза имеет величину в фут, хотя доказано, что оно больше Земли).

миров. Он конкретизирует эти вопросы, стремясь определить движение тела, находящегося между двумя центрами притяжения, двумя мирами (стр. 757). Заявление «Солнце не движется» (стр. 736) косвенно утверждает движение Земли. В связи с этими же вопросами стоит анализ падения тел во вращающейся среде (стр. 757). Возвращение брошенного вертикально вверх тела в ту же точку, откуда оно было брошено, рассматривалось как аргумент в пользу неподвижности Земли у Аристотеля, которому следовали и аристотелики средневековья (Аверроэс, Альберт Великий, Альберт Саксонский и др.). Та же мысль встречается и в комментариях к «Сфере» Сакробоско, написанных Петром д'Альи (конец XIV — начало XV в.). К тому же аргументу возвращался позднее Гассенди (1642). Старые исследователи (Каверни, Гроте, Бек и др.) рассматривали упоминаемый отрывок (G, 55) как свидетельство того, что Леонардо признавал суточное вращение Земли. Прямо это из отрывка не явствует, но внимание Леонардо к тому, что на протяжении веков привлекалось для решения вопроса о о вращении Земли, показательно.

Смелы и новы мысли Леонардо о бесконечности вселенной. Рассуждая о распространении мысли в бесконечной вселенной, Леонардо писал: «Вода, ударяемая водою, образует вкруг места удара круги; звук — на далекое расстояние в воздухе; еще больше — огонь; еще дальше — ум в пределах вселенной; однако, поскольку он ограничен, он простирается не в бесконечность» (стр. 653). Таким образом, ограничена не вселенная, а ум человеческий.

Земля — одно из светил в бесконечной вселенной [1].

Эммануэли [2] явно недооценил значение астрономических текстов Леонардо, утверждая, что Леонардо «никоим образом нельзя рассматривать как астронома», что энциклопедический склад ума, отвечающий его «натуре, склонной к разбросанности» (eine zur Sprunghaftigkeit neigende Natur), исключает это безусловно. Вместе с тем Эммануэли неправ, характеризуя Леонардо как сторонника геоцентрической системы. Он пишет (стр. 208): «О движении Земли вокруг Солнца Леонардо молчит, и астрономические чертежи на листе 104 кодекса Арундель [Британского музея] удостоверяют, что он не допускал его» Это вовсе не так. Положение Земли, Луны и Солнца трактовано здесь геоцентрически потому, что Леонардо в данном случае интересовался ходом лучей применительно к земному наблюдателю и считал возможным придерживаться

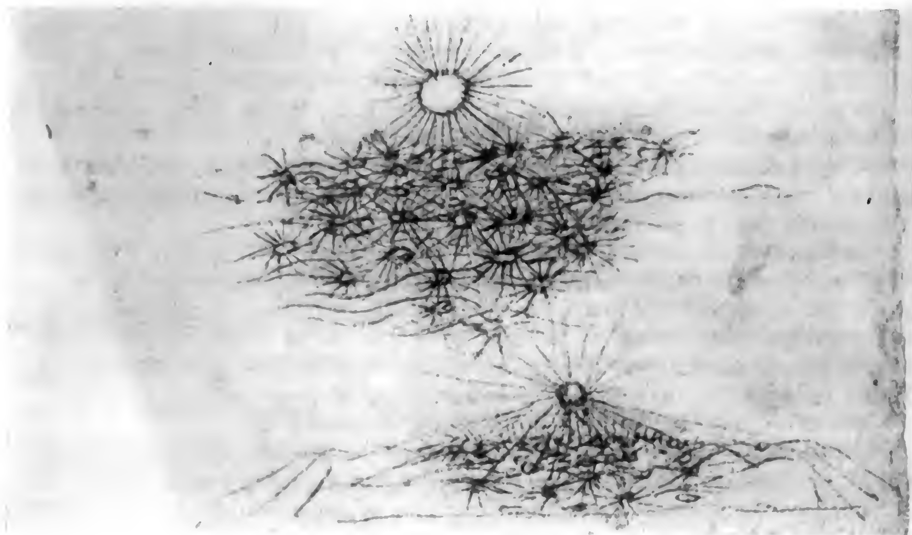
---

[1] Леонардо называет Землю — stella. Я полагаю, что правильнее переводить это слово русским словом «светило», а не «звезда». Таким же «светилом» (stella), отражающим свет Солнца, являются Луна и другие планеты. Тот же термин stella Леонардо прилагает однако и к звездам.

[2] P. Emmanueli. Die Astronomie Vincis. В изд. «Leonardo da Vinci», Berlin, s. a., стр. 205—208.

традиционной системы, не менявшей существенно его рассуждений. Другие же отрывки явно свидетельствуют о том, что, по убеждению Леонардо, «Солнце не движется» и Земля не находится в центре мира.

При рассмотрении вопроса о мерцании звезд (стр. 753) Леонардо объяснял их субъективными причинами (с этим следует сравнить отрывки, помещенные



Отражения солнечных лучей в морских волнах (С. А. 208об. b)

нами в разделе «Оптика», стр. 726). Принципиально он стоял в данном случае на позиции Аристотеля и его последователей. Объяснение Аверроэса, приписывавшего этому явлению объективный характер и связывавшего его с земной атмосферой, либо осталось неизвестным Леонардо, либо было отвергнуто им.

В заключение — несколько разъяснительных замечаний об упоминаемых Леонардо ученых. В одном из отрывков Леонардо да Винчи упоминает имя стоика Посидония (135—51 гг. до н. э.), автора книг о величине Солнца (F, вн. сторона нижн. обл.), а в отрывке F, 5—4об., пишет: « «Сфера» и Марулло славят вместе с другими Солнце». Под «Сферой» разумеется стихотворное сочинение Леонардо Дати (1408—1472) о небесной сфере, весьма распространенное в XV в. и содержащее похвалу Солнцу. Марулло — греческий поэт, живший в Италии (ум. в 1500 г.), автор гимна Солнцу (см. стр. 736).

В ряде мест обнаруживаются точки соприкосновения и расхождения с трактатом Альберта Саксонского «О небе и мире», который несомненно был известен Леонардо (см.стр. 944, примеч. 7). Так, в нескольких отрывках (стр. 742) Леонардо критиковал теорию лунных пятен, разделявшуюся Альбертом Саксонским. Согласно этой теории, «Луна состоит из частей более или менее прозрачных, как если бы одна ее часть была наподобие алебастра, а другая — наподобие кристалла или стекла» (F, 84об.). Леонардо указывал, что «это мнение нравилось многим философам, Аристотелю в особенности». С другой стороны Леонардо (F, 84) вместе с Альбертом на сходных основаниях отвергал объяснение этих пятен «испарениями, наподобие облаков». Следует заметить, наконец, что у Альберта Саксонского уже была изложена гипотеза о лунных морях, бороздимых волнами,— гипотеза, разделяемая Леонардо. Но Альберт отвергал ее, в отличие от Леонардо да Винчи, который ее развил.

[1] (к стр. 736). См. стр. 941.

[2] (к стр. 737). Подсчеты Леонардо, как совершенно очевидно, ошибочны. 25 локтей × 24 составляет 600 локтей в сутки, а не 500. Кроме того, фут равен $^2/_3$ локтя, а не $^1/_2$ локтя. Рихтер читает «300 локтей» вместо 500, что также невозможно, ибо 1 миля = 3000 локтям (ср. стр. 873), следовательно, 300 локтей составляет $^1/_{10}$, а не $^1/_6$ мили.

[3] (к стр. 738). Речь идет об измерении видимого диаметра Солнца.

[4] (к стр. 741). Леонардо, видимо, хотел свести до минимума влияние субъективных моментов зрения, обусловленных промежуточной средой, окружающим фоном и т. д.

[5] (к стр. 744). См. стр. 690.

[6] (к стр. 748). Ср. выше (стр. 744) о стихиях, окружающих Луну.

[7] (к стр. 756). В оригинале: *n*.

[8] (к стр. 757). Для Аристотеля существование нескольких миров было недопустимым абсурдом. Средневековая схоластика из соображений теологического характера (неограниченность божественного всемогущества) пыталась обосновать мыслимость нескольких миров. В 1277 г. Парижский университет в числе прочих «аверроистических заблуждений» осудил тезис: первая причина не могла бы создать несколько миров. Однако с этой точки зрения множественность миров оставалась чистой возможностью. Более того, признание реальной множественности инкриминировалось, например, еще Джордано Бруно. В подобном же разрезе чистой мыслимости ставил вопрос Альберт Саксонский, полагавший, что Земля, помещенная на одинаковом расстоянии от центра двух миров, остановилась бы в равновесии, наподобие куска железа между двумя магнитами, притягивающими его с одинаковой силой. Для Альберта это — чисто мысленная возможность; Леонардо склонен был допустить реальную возможность двух и более миров.

[9] (к стр. 758). В оригинале: *f*.

[10] (к стр. 759). Этот отрывок, показательный для интереса Леонардо к вопросам трения вообще, вместе с тем обнаруживает большую близость к сочинению Ристоро д'Ареццо «Строение мира» (La composizione del mondo, 1282). Непосредственное влияние Ристоро д'Ареццо (о нем см. выше, стр. 977) в данном случае гораздо вероятнее, чем влияние Альберта Саксонского, предполагаемое Дюэмом.

Анатомия и физиология человека и животных

Вопросами анатомии Леонардо да Винчи занимался всю свою жизнь; начало, по всей вероятности, было положено еще в мастерской Верроккьо. Важнейшим источником наших сведений об анатомических занятиях Леонардо являются виндзорские рукописи [1], суммарно датируемые 1489—1516 гг. [2] Отдельные анатомические куски были включены в «Трактат о живописи» [3].

В одном месте Леонардо говорит о 120 составленных им книгах по анатомии (стр. 763). Что представляли собою эти книги и в какой мере они совпадают с дошедшими до нас анатомическими рукописями, сказать трудно. По всей вероятности, это были книги небольшого объема, посвященные тому или иному органу или частному вопросу, с преобладанием рисунков

В 1550 г. в сочинении «О тонких материях» (De subtilitate) Джироламо Кардано писал: «Живописцу необходимо знать все, ибо он изображает все. Живописец — философ, зодчий, мастер диссекций. Доказательством служит превосходное изображение всего человеческого тела, уже немало лет тому назад предпринятое флорентинцем Леонардо да Винчи и почти совершенно закон-

---

[1] См. стр. 1021.

[2] Некоторые записи позволяют отчасти уточнить датировку. Так, в рукописи W. An. B, 42, находим надпись: «Апреля 2 дня 1489 г. книга, озаглавленная «De figura humana». В рукописи W. An. A, 17 имеется уже приводившаяся нами (стр. 898) запись, в которой Леонардо выражал надежду кончить свою «Анатомию» зимой 1510 г. Наконец, ряд страниц рукописей W. An. I и W. An. II показывают, что здесь мы имеем перед собой еще более поздние рисунки и тексты, относящиеся к 1513—1514 гг., т. е. к римскому периоду жизни Леонардо (на это указывают и содержание и бумага).

[3] Следует напомнить читателю, что, помимо анатомических отрывков, собранных в разделе «Анатомия и физиология человека и животных», он найдет отрывки, посвященные анатомии птиц, в разделе «О летании и движении тел в воздухе», а в разделе «О свете, зрении и глазе» — данные по анатомии глаза.

ченное им. Но произведению недоставал такой великий мастер и исследователь природы, каковым является Везалий» [1].

В то же время Вазари писал об анатомических рукописях Леонардо, большая часть которых, по его словам, находилась у Франческо Мельци (ученика художника). Вазари утверждал, что Леонардо «составил книгу, с рисунками сангиною и чертежами пером, в которых он собственноручно, с величайшей тщательностью дал в перспективах, сокращениях и изображениях все костные части, а к ним присоединил потом по порядку все сухожилия (nervi) и покрыл их мускулами; одни — скрепленные с костями, другие — служащие опорными точками (tengono il fermo), третьи — управляющие движениями. И над каждой частью он написал неразборчивым почерком буквы, сделанные левой рукой в обратном виде, таким образом, что тот, у кого нет навыка, не сможет их разобрать, ибо прочесть ее можно только при помощи зеркала» [2].

В записях Леонардо встречается несколько набросков, намечающих план будущего труда. Леонардо замышлял начать свой анатомический труд с зачатия человека, проследив последовательно рост организма, стадии его развития (W. An. VI, 22; W. An. B, 20об., и др.). По другому варианту (W. An. A, 3) Леонардо предполагал построить «Анатомию» в соответствии с традиционным порядком: от головы до ног (так построено изложение, например, у Авиценны в «Каноне»). Намечались и другие варианты (см. стр. 760—761).

Вместе с тем Леонардо ставил себе задачей сопоставить сходное и несходное, окинуть одним взором однородное и различное. «Изобрази здесь стопы медведя и обезьяны и других животных, с тем, чем они отличаются от стопы человека, и также помести стопы какой-нибудь птицы» (стр. 778).

По свидетельству Вазари, Леонардо «оставил нам анатомию лошади и еще более совершенную анатомию человека» [3]. Строение лошади должно было, в частности, особенно интересовать Леонардо в связи с работой над конной статуей Сфорца.

---

[1] H. Cardanus. De subtilitate, кн. XVII, стр. 809 по базельскому изданию 1582 г. Сообщение Антонио де Беатис о состоянии труда Леонардо по анатомии в последний период его жизни во Франции было приведено нами на стр. 900.

[2] Дж. Вазари. Жизнеописания наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих, М. —Л., 1933, т. II, стр. 103. Первое издание «Жизнеописаний» относится к 1550 г. Вазари был неправ, изображая Леонардо, как простого ученика или помощника Маркантонио делла Торре, который якобы «чудесно использовал гений, труд и руку» великого художника. Знакомство с делла Торре относится к тому периоду, когда работы Леонардо по анатомии уже были значительно продвинуты. См. выше, стр. 898.

[3] Указ соч., т. II, стр. 113.

К анатомии Леонардо несомненно пришел от живописи и скульптуры. Но он не ограничился тем, что необходимо художнику. С тонкой наблюдательностью он улавливал строение внутренних органов, абсолютно не интересных или мало интересных для живописца. Как уже было сказано (стр. 931), анатомические рисунки синтетичны, являются не зарисовками единичного «здесь» и «теперь», а обобщением результатов, полученных при многочисленных вскрытиях [1].

Леонардо, художник, живописец-реалист, обогатил анатомическую науку прекрасными рисунками, перед которыми меркнут схематические изображения, выполненные его предшественниками и современниками. Но решение анатомических вопросов ставило перед Леонардо-рисовальщиком ряд специфических задач. Если живописец имеет целью на одной единственной плоскости представить разнообразие видимой действительности, то анатомические рисунки одного и того же органа должны дать всестороннее представление о предмете, представить его со всех сторон, так сказать, скульптурно. Вот почему столь много заметок Леонардо посвящено выбору необходимых точек зрения[2]. Изображения того или иного органа Леонардо мыслил как некую сюиту рисунков, строго согласованных друг с другом. Эти отдельные рисунки, входящие в состав серии. Леонардо обозначал термином dimostrazioni [3]. В анатомических рисунках с особой силой проявилось пластическое чувство великого художника, его восприятие трехмерности.

Леонардо не ставил своей задачей дать наряду с рисунком точное словесное описание изображаемой им части, как это сделал позднее Везалий. Текст у Леонардо дополняет рисунок, который должен говорить сам за себя. Потребность в тексте являлась прежде всего потому, что Леонардо всегда интересовало не только морфологическое строение органа, но и его функция. Эта функция иногда бегло обозначена в экспликации к рисунку; чаще она составляет пред-

[1] Не следует забывать при этом, что Леонардо, создавая свои обобщающие рисунки, привлекал нередко данные вскрытий животных для изображения органов человека. Это приводило его зачастую к ошибкам, но именно это свидетельствует, что в создании его рисунков в одинаковой мере участвовали рука художника и мысль ученого. Укажем, например, что при исследовании сердца и кровообращения Леонардо пользовался данными вскрытий не только человеческих трупов, но и других млекопитающих (быка, свиньи и т. д.). Представления о дыхательном аппарате исключительно основаны на вскрытиях животных (ср. рис. W. An. V, 16, и др.). Исследуя голосовой аппарат, Леонардо также недоучитывал его различий у человека и птиц (ср. W. An. A, 3). Число примеров можно было бы увеличить, но для нашей цели достаточно и приведенных.

[2] См. стр. 763 и сл. настоящего издания.

[3] W. An. B, 6, и др. (стр. 775).

мет целого фрагмента, целого куска анатомического текста. Другая группа записей носит характер памяток и намечает темы, подлежащие решению и исследованию в будущем: «Опиши язык дятла и челюсть крокодила» (W. An. I, 13об.) [1] и т. д.

К тексту как таковому, т. е. к чисто анатомическому описанию, Леонардо был не только равнодушен, но и относился скептически. «Чем более ты будешь углубляться в описание частей, тем больше будешь смущать ум слушателя», замечает он (стр. 762). «Какими словами опишешь ты это сердце» и т. д. (там же). В известном смысле Леонардо был прав, потому что анатомическая терминология его времени была еще очень слабо разработана и Леонардо-писателю приходилось выдерживать борьбу с вековым наследием запутанной, неустоявшейся еще терминологии, пробиваться сквозь толщу греческих, арабских, схоластических терминов [2].

У Леонардо, так же как и у его предшественников и современников, весьма многозначно слово nervi. Иногда это — нервы в нашем смысле (например, W. An. B, 2: «нервы повелевают движениями мускулов», «нервы служат общему чувству» и т. д.; также W. An. II, 18об.: «назначение нервов — передавать ощущение, и они — конница души»). Однако в других случаях это — сухожилия (например, W. An. V, 22, «соединение мясистых мышц с костью без какого-либо nervo»)[3]. Для обозначения сухожилий или «жил» Леонардо, впрочем, пользовался чаще термином corde. Термин vene означал у него одновременно и вены в более узком смысле и кровеносные сосуды вообще.

Весьма неясен и многозначен термин pannicolo. Издатели леонардовских «Quaderni di anatomia» оставили этот термин без перевода, беря в кавычки. Мы передаем его разно, приводя его в скобках по-итальянски. Дословно pannicolo (от panno — кусок сукна) — маленький кусок ткани. Термином panni-

---

[1] Челюсть крокодила интересовала Леонардо, повидимому, в связи со старинным представлением, что крокодил — единственное животное, у которого верхняя челюсть подвижная. Язык дятла интересовал Леонардо с точки зрения механизма его движений, т. е. в конечном итоге в связи с фонетическими исследованиями (ср. о движениях человеческого языка и его мускулах, W. An. IV, 10; стр. 826—827).

[2] Таковы, например, арабские термины mirac (брюшная стенка), sifac (брюшина), meri (пищевод) и т. п. Некоторые арабские термины перешли в средневековую анатомическую литературу в неудачных латинизированных переводах. Таковы у Леонардо выражения parte dimesticha и parte silvestra (W. An. I, 2; W. An. A, 18). Дословно это значит «домашняя» и «дикая» сторона (имеется в виду внутренняя и наружная). Ср. стр. 775 и 784.

[3] Ср. стр. 778 и 837.

culus обозначались всякого рода оболочки: мозговые оболочки, сердечные клапаны, слои сосудистых и кишечных стенок, диафрагма, серозные оболочки [1].

В анатомии и физиологии, как и в других областях естествознания, заслуживают быть отмеченными экспериментальные попытки Леонардо, технические приемы анатомирования и препарирования. Наблюдая убой свиней в Тоскане, Леонардо пришел к мысли экспериментально наблюдать биения сердца (стр. 809). Мы уже обращали внимание на его опыты с лягушками (стр. 840). Заслуживают внимания инъекции воска в желудочки мозга (стр. 833) [2]. В ряде случаев Леонардо критиковал приемы, применявшиеся его предшественниками и современниками [3].

Говоря о художниках (С. А., 141), Леонардо заявлял: «Те, кто изучает только авторов, а не произведения природы, те в искусстве внуки, а не сыновья природы — наставницы хороших авторов». И здесь же он восклицал: «О величайшая глупость тех, кто порицает учащихся у природы и оставляет в стороне авторов, являющихся учениками природы!» Исходя из этой мысли, Леонардо не только опирался на собственные наблюдения, но старался найти и в предшествующей литературе то, чему авторы «научились у самой природы».

Наиболее распространенным во времена Леонардо был анатомический трактат Мондино (1316; первое печатное издание: Болонья, 1478). Он служил обычно учебником и в значительной мере был основан на арабоязычных сочинениях, хотя его автор и сам производил вскрытия. Известны также были Леонардо знаменитая «Хирургия» Ги де Шолиака, физиологические и медицинские труды

---

[1] Ср. П. И. Карузин. Словарь анатомических терминов. М.—Л., 1928, стр. 165.

[2] Леонардо — первый, кому пришла в голову мысль прибегнуть к инъекциям мозговых полостей (стр. 834). Он же первый предложил инъекцию через infundibulum cerebri, лишь в 1878 г. повторенную немецким анатомом Германом Велькером.

Немногочисленные случаи анатомических инъекций до Леонардо следующие: Гален (церебральные сосуды, наполняемые воздухом через трубку), Алессандро Джилиано из Персичето (кровеносные сосуды, наполняемые жидкостями различных цветов; первая половина XIV в.). Инъекция почечных вен, произведенная Якопо Беренгарио да Карпи, относится уже ко времени после смерти Леонардо (комментарий к «Анатомии» Мондино, Болонья, 1521). Полагать, как Холль, что Леонардо прибегал к инъекции кровеносных сосудов, нет оснований.

[3] Ср. стр. 765, о мацерации. Вымачивание в проточной воде рекомендовали Мондино и Ги де Шолиак. Беренгарио да Карпи (в сочинении, указанном выше) предполагал, в частности, что соединение нервов со спинным мозгом может быть изучено только при условии вымачивания трупов в воде.

Эгидия Колонны, Альберта Великого, Авиценны [1]. Из древних он упоминает Галена, Плиния, Цельса, Аристотеля и Гиппократа.

Ни одному органу человека (за исключением, пожалуй, глаза) Леонардо не посвятил столько текстов, как сердцу. Отрывки, посвященные этому органу, наиболее пространные, переходят подчас со страницы на страницу. Если Леонардо восклицал: «Какими словами опишешь ты это сердце» (стр. 762), то с другой стороны именно среди отрывков, посвященных функциям сердца, мы находим строки: «Не аббревиаторами, а облиаторами [предающими забвению] должны называться те, кто сокращает произведения, подобные этому» (стр. 801). Леонардо таким образом в этом случае считал возможным не скупиться на слова.

О чем же он преимущественно писал? Верный самому себе, он сравнительно мало места уделил морфологическому описанию. Его интересовали функции сердца и его отдельных частей. Истинные законы кровообращения остались Леонардо неизвестны. Но он страстно стремился их открыть путем наблюдений и экспериментов, путем рассуждений и споров с воображаемым противником.

Как бы ошибочны ни были представления Леонардо да Винчи в этой области, достойно внимания его стремление рассматривать функции сердца с механической точки зрения, открыть общие механические законы кровообращения, хотя он и называл сердце «чудесным орудием», которое изобретено «верховным художником» (стр. 787) [2]. При всей своей «чудесности» это «орудие» подлежало анализу с позиций механики. И неслучайно поэтому в описаниях сердца, даваемых Леонардо, мы встречаемся с образами, заимствованными из близко знакомой ему области гидротехники [3].

---

[1] Леонардо был знаком и с «Каноном» великого среднеазиатского ученого и с изложениями этого труда у западноевропейских комментаторов. На стр. 28 настоящего издания приведена запись Леонардо: «Вели перевести Авиценну о полезных вещах (de giovamenti)». Такого сочинения у Авиценны нет. Главы «Канона», озаглавленные «De juvamento dorsi» (о пользе позвоночника), переводить не было необходимости, так как они уже давно были переведены. Предполагают, что Леонардо имел в виду произведение Галена «De usu partium», ошибочно приписав его Авиценне (J. P. Mc Murrich. Leonardo da Vinci the anatomist. Baltimore, 1930, стр. 27—28).

Об Алессандро Бенедетти см. выше, стр. 944.

[2] Под «верховным художником» не следует непременно понимать личного бога; вероятнее, что это выражение означало в устах Леонардо природу. Ср. выше, стр. 908.

[3] Ср. о движении реки, текущей через озеро (стр. 802).

Леонардо определял сердце как «сосуд, сделанный из плотной мускулатуры» (стр. 787) и в этом расходился с галеновской традицией, полагавшей, что сердце состоит из ткани особого рода, отличной от мускульной [1]. Далее Леонардо определял сердце как «орех» или зерно, производящее «дерево вен» (стр. 788), также и в этом расходясь с галеновской традицией. По Галену, артерии берут начало в сердце, но начало вен находится в печени, где образуется кровь. Сохранив галеновское представление об образовании крови в печени, Леонардо отверг представление о том, что вены берут начало в этом органе, вернувшись к более правильному представлению Аристотеля и дальше развив его [2].

Полую вену Леонардо называл vena del chilo [3], легочную артерию — артериальной веной, аорту — веной-аортой, легочную вену — венной артерией. Мы воспроизводим два рисунка (см. стр. 789 и 790), изображающие ветвления «вен»: один более ранний (W. An. V, 1) и один более поздний (W. An. II, 2об.).

По Леонардо, сердце имеет четыре желудочка (ventricoli); оба верхних желудочка (т. е. оба предсердия) Леонардо называл также «ушками» сердца (orechi del core) [4]. Он оспаривал галеновское учение о двух желудочках, согласно которому предсердия практически рассматривались как части полой или легочной вены. С точки зрения механики Леонардо рассматривал вопрос о положении сердца (стр. 794), отвергая мнение тех, кто полагал, что левая наружная стенка сердца сделана толстой ради того, чтобы служить противовесом для более тяжелого правого желудочка.

Как мы уже отмечали, Леонардо остались неизвестными истинные законы

---

[1] Перечисляя «шесть вещей», входящих в состав сердца (стр. 791), Леонардо упоминает кость. Это является одним из указаний, что, описывая человеческое сердце, Леонардо в значительной мере опирался на наблюдения, полученные при анатомировании бычачьих сердец или сердец других млекопитающих, у которых в основании сердца, в фиброзной ткани, имеется os cordis.

[2] Термином vene Леонардо да Винчи, как мы уже отмечали, обозначал как вены, так и кровеносные сосуды вообще. Различие между артериями и венами он, подобно Галену, усматривал в том, что первые имеют две оболочки, а вторые одну (ср. то, что он говорит о венной артерии в отрывке W. An. II, 2об.; стр. 791).

[3] Chilo в данном случае не хилус, а испорченное арабо-латинскими авторами греческое прилагательное κοιλή (полая).

[4] См. W. An. II, 17об. (стр. 791). Термин orechi охватывает у Леонардо и собственно предсердия и так называемые auriculae cordis.

кровообращения. В этом отношении он испытал на себе еще значительное влияние традиционных представлений.

Леонардо разделял галеновское представление о наличии скважин в перегородке сердца, сквозь которые венозная кровь правого желудочка просачивается в левый, благодаря чему она становится более «тонкой» и «одухотворенной»[1].

В соответствии с этими общими представлениями определяются и функции предсердий: посредством «прилива и отлива» и трения кровь нагревается. Здесь Леонардо делает шаг вперед по сравнению с галениками, которые приписывали температуру крови «врожденному теплу», и объясняет возникновение тепла механическими причинами (движением и трением)[2].

Основываясь на представлениях о приливе и отливе крови из предсердий в желудочки и обратно и о проникновении ее через перегородку сердца, Леонардо должен был прийти к неверным выводам и о ритме сокращений в различных частях сердца. Если кровь должна проникать через перегородку сердца, то необходимо, чтобы при расширении правого желудочка сокращался левый, вытесняя кровь, и наоборот. С другой стороны, для «прилива и отлива» необходимо, чтобы при расширении правого желудочка сокращалось правое предсердие и наоборот. Стремясь «свести концы с концами», Леонардо пишет следующую темную фразу: «Когда нижний правый желудочек расширяется, левый верхний сокращается, а когда размыкается нижний левый желудочек, то правый верхний сжимается» (стр. 795). Вряд ли эта умозрительно выведенная схема была удовлетворительна даже для того времени.

Большое внимание Леонардо да Винчи уделил конечностям, в чем сказались одновременно интересы и художника и механика. Так, он внимательно изучал механизм поворачивания руки ладонью вверх и ладонью вниз (ср. W. An. A, 1об.). В связи с теми же проблемами механики живого организма стоял его интерес к строению костей и скелета. Здесь, по отзыву исследователей, особенно ярко проявился дар леонардовской наблюдательности. Он первый в точности изобразил форму позвоночного столба[3]. В его

---

[1] На рис. W. An. II, 2об., перегородка сердца характеризована как «сито» (см. стр. 791—792).

[2] См. отрывки W. An. I, 3—3об. и 4—4об., которые мы даем на стр. 794—803 в последовательности оригинала, не дробя на более мелкие, со всеми отступлениями, во всей их первичной эскизности и разбросанности, памятуя слова самого Леонардо: «Не аббревиаторами, а облиаторами должны называться те, кто сокращает произведения, подобные этому» (стр. 801).

[3] Средневековые анатомы насчитывали 30 позвонков: 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, крестец соответствовал по их представлениям 3-м и копчик

рисунках скелет всегда воспринимается на фоне совершаемых человеком движений. По выражению одного из исследователей (Холля), скелеты Леонардо «живут».

Значительную ценность, несмотря на все неточности и ошибки, исторически понятные, представляют исследования мышц [1], нашедшие свое отражение в прекрасных рисунках. До Леонардо эта область была наименее разработана анатомами. Гален основывался на анатомировании главным образом обезьян. У Мондино этот раздел анатомии сведен до минимума. С другой стороны, живописцы и скульпторы Возрождения устремляли свое пристальное внимание именно на эту область, знание которой им было особенно нужно для реалистического изображения человеческого тела. Однако их познания не нашли своего выражения в каких-либо трактатах [2]. Для записей Леонардо, касающихся мышц, особенно характерна одновременная устремленность к постижению общих закономерностей и общих отличительных черт вместе с их индивидуализацией и конкретизацией [3].

Как художник и скульптор Леонардо да Винчи уделил значительное внимание механике человеческих движений, объяснению поз и положений человека общими законами механики [4]. Механическому объяснению физиологических функций уделено много места и в других разделах его анатомических записей. Таковы тексты, посвященные органам дыхания, где к интересам механика присоединяются интересы музыковеда и языковеда (сам Леонардо упоминает в этой связи свои сочинения «О музыкальных инструментах» и «О голосе» —

также 3-м. Леонардо первый правильно определил крестец как кость из 5 сросшихся позвонков, а в копчике он насчитывал их 2 (вместо 4—5). Ср. W. An. A, 8об.

[1] Наряду с термином muscoli Леонардо применял термин lacerti, который означал у него длинные и сравнительно слабые мышцы. Но характерно, что анатомическая номенклатура мышц вовсе не разработана. Леонардо пользуется буквенными обозначениями, отсылающими к чертежу или описательными выражениями (ср. W. An. A, 18; стр. 780).

[2] Показательно, что часть анатомических записей Леонардо была включена в «Трактат о живописи». Ср. выше в тексте, стр. 784—785 и др.

[3] Предостерегая живописца от «чрезмерного знания костей, сухожилий и мышц» (стр. 781), Леонардо имел в виду применение абстрактных общих законов, игнорирующих индивидуальные особенности. Высказывалось предположение, что в данном отрывке под «живописцем-анатомом» Леонардо да Винчи подразумевал своего противника Микель-Анджело, усердно занимавшегося анатомией.

[4] Ряд примеров собран в разделе «О движениях человека и животных» (стр. 846—850).

стр. 823 и 827)[1]. Неоднократно возвращался Леонардо к выяснению механизма дефекации (ср. стр. 815 и 832).

Вопросы, связанные с чувственными ощущениями и деятельностью нервной системы, уже частично затрагивались нами раньше в другой связи (стр. 941 и 994). Здесь обратим лишь внимание на то, что в различные периоды Леонардо различно представлял себе расположение желудочков мозга, что явствует из воспроизводимых в настоящем издании страниц W. An. V, 6об., и W. An. V, 7. В первом случае Леонардо еще следовал средневековой традиции, во втором случае изображает их по-своему. Боковые желудочки он принимает за один и считает (W. An. V, 15), что здесь локализуется чувствующая способность (impressiva)[2]. Третий желудочек есть место «общего чувства» (senso commune), четвертый — «памяти» (memoria)[3]. И в этом случае Леонардо отступил от средневековой традиции, локализовавшей общее чувство в переднем желудочке. Видимо, он установил, что большинство черепных нервов не сходится в области переднего желудочка. См. стр. 834—837.

Говоря о нервной деятельности, Леонардо пользовался иногда словом «душа». Но это слово для него не было средством объяснения, а скорее общим обозначением произвольных движений в отличие от непроизвольных (ср. то, что мы говорили выше о «душе птицы», стр. 982). Интересен текст на стр. 812, где ставится вопрос о зависимости движения сердца от «души» и где в конце концов этот вопрос сводится к зависимости движений сердца от мозга[4].

[1] (к стр. 766). Следуя традиции своих предшественников, Леонардо всюду употребляет термин il pulmone в единственном числе, рассматривая легкие как один орган с двумя лопастями.

[2] (к стр. 770). Ср. другие записи на том же листе, помещенные ниже (стр. 845) в серии отрывков, посвященных эмбриологии.

[3] (к стр. 772). Рисунок см. ниже, на стр. 774.

---

[1] Ср. E. Solmi. Il «Trattato» di Leonardo da Vinci sul linguaggio «De Vocie». Archivio storico lombardo, serie 4, т. VI (1906), стр. 68—97 (вошло в его «Scritti Vinciani», Firenze, 1924).

[2] Это выражение impressiva обозначает у Леонардо и самую часть мозга, почему мы и передаем его по большей части словом «чувствилище» (а не «чувствующая способность»).

[3] Ср. выше, стр. 997.

[4] Литературу о Леонардо-анатоме см. в книге J. P. Mc Murrich. Leonardo da Vinci the anatomist. Baltimore, 1930, стр. 253—257. На русском языке этому вопросу посвящена брошюра П. В. Спешилова «Леонардо да Винчи как анатом» (Саратов, 1930), которая главным образом основывается на разборе рукописи W. An. V.

[4] (к стр. 784). Память в данном случае изменила Леонардо, и он приписал это мнение Мондино неосновательно, так как последний говорил о голени

[5] (к стр. 784). О Мондино см. выше, стр. 1010 и 1014.

[6] (к стр. 794). В оригинале: «на правой стороне и таким образом левая часть...», т. е. Леонардо переходит в этих строках к определению правого и левого, считая от зрителя. Такие попеременные переходы у него нередки.

[7] (к стр. 795). См. Комментарии, стр. 1013.

[8] (к стр. 798). В W. An. IV, 11, этот «червь» характеризуется как мускул, который открывает и закрывает сообщение между третьим и четвертым желудочками мозга. Предполагают, что здесь имеется в виду так называемый vermis cerebelli.

[9] (к стр. 807). В оригинале: 3540.

[10] (к стр. 811). Смысл этой лаконичной заметки отчасти уясняется из сопоставления со следующим отрывком, в котором речь, повидимому, идет об изготовлении модели, позволяющей, по мнению Леонардо, экспериментально исследовать некоторые законы движения крови.

[11] (к стр. 811). Соответствующего рисунка на листе 6об. нет.

[12] (к стр. 816) У Леонардо на чертеже (помещаемом здесь в перечерченном виде) буква *m* обозначена два раза, вверху и внизу.

[13] (к стр. 817). Ср. стр. 941.

[14] (к стр. 838). Зачеркнуто: между чувствилищем и памятью.

[15] (к стр. 839). См. нижний левый рисунок на репродукции листа 13об., помещенной на стр. 852.

[16] (к стр. 851). Текст относится к среднему нижнему рисунку, воспроизводимому на стр. 852.

[17] (к стр. 851). См. стр. 941.

Ботаника

Как и анатомией человека и животных, Леонардо, видимо, стал заниматься изучением растительного мира уже в годы своего пребывания в мастерской Вероккьо. «Трактат о живописи» спас от забвения ряд ботанических отрывков Леонардо, но и они все-таки долго оставались неизученными, не привлекая внимания натуралистов, а позднее историков науки[1].

---

[1] Едва ли не первый обратил на них внимание G. Uzielli («Sopra alcune osservazioni botaniche di Leonardo da Vinci» Nuovo Giornale Botanico Italiano, v. I, 1869, fasc. 1, p. 1—13).

С опубликованием «Атлантического кодекса» и парижских рукописей, в особенности рукописи G, расширились наши представления о Леонардо-ботанике [1].

Тексты Леонардо дополняются множеством рисунков, входящих в состав Виндзорского собрания. Нельзя не вспомнить и картин Леонардо, особенно его «Мадонну в гроте», где великим художником-реалистом мастерски изображены различные растения.

Леонардо пришел к ботанике от живописи. Но он сам понимал, что многие его наблюдения «живописи ни к чему» (стр. 856). Ненасытное стремление к познанию мира влекло его к исследованию чисто научных вопросов, многие из которых ускользали от внимания натуралистов его времени. Таковы, в частности, законы листорасположения (филлотаксиса), которые лишь значительно позднее были изучены Броуном [2], разработаны Грю [3], Мальпиги [4] и др. Плиний описал только листорасположение $^1/_2$. Леонардо описал и другие Наиболее распространенным он считал расположение $^2/_5$, в качестве примеров приводя виноградную лозу, тростник (canno) и другие растения (ср. стр. 860). В другом отрывке на той же странице G, 33 Леонардо описал случаи $^2/_5$, $^1/_3$ (или $^1/_2$) и $^3/_8$, добавив в качестве четвертого расположение ветвей, примером которого служит сосна [5].

[1] Ср. работы A. Baldacci: «La botanica nel Codice Atlantico di Leonardo da Vinci», Memorie della Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna, serie VII, t. 3 (1916); «La botanica di Leonardo da Vinci desunta dai manoscritti della Biblioteca dell'Istituto di Francia». Bologna, 1916; «Le piante di Leonardo da Vinci nei Codici della Biblioteca Reale del Castello di Windsor». Bologna, 1923; «Le piante e la pittura di Leonardo da Vinci». Bologna, 1930; «Gli alberi e le verdure nel Trattato della Pittura di Leonardo da Vinci». Bologna, 1931. Ср. также G. B. De Toni. Le piante e gli animali in Leonardo da Vinci. Bologna, 1922. Здесь, в частности, кроме рисунков, воспроизведены детали картин с изображениями животных и растений.

[2] Th. Browne. Garden of Cyrus. Treatise of quincunx, London, 1658.

[3] N. Grew. The Anatomy of plants. London, 1682.

[4] M. Malpighi. Anatome plantarum. London, 1675.

[5] Этот четвертый случай зачеркнут им и отсутствует в соответствующем параграфе «Трактата о живописи» (Т. Р., 833).

Как известно, расположение листьев принято изображать в виде дроби. Числитель ее означает число оборотов спирали — горизонтальной проекции винтовой линии, проходящей последовательно через лист первый, второй и т. д., до первого прикрывающего листа. Знаменатель выражает число листьев в «полном цикле», т. е. на протяжении между двумя взаимно прикрывающимися листьями.

Как и в анатомии животных, Леонардо всегда интересовался не только строением, но и функцией органа, хотя и в меньшей степени. В его ботанических записях мы находим наблюдения над явлениями гео- и гелиотропизма, над движением соков. Леонардо экспериментировал с тыквой (стр. 862). Наконец, как механик-строитель, Леонардо не мог оставить в стороне технические свойства растений. Его занимали, например, условия, при которых дерево не коробится (стр. 863—864) [1]. Леонардо внимательно изучал рост древесного ствола, его крепость в различных частях, расположение годовых кругов, свойства древесины и т. д. Как живописца и химика его интересовали растительные краски, масла и т. д. Наконец, Леонардо-писатель широко пользовался образами растительного мира в своих баснях и «предсказаниях».

---

[1] Упоминания в этом отрывке о «несчастной» и «благоприятной» Луне делают возможным предположение, что отрывок (хотя бы в этой своей части) представляет собою выдержку из чужого сочинения, прочитанного Леонардо, так как вообще мы не встречаем у него заметок астрологического характера.



БИБЛИОГРАФИЯ

ИЗДАНИЯ РУКОПИСЕЙ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

Les Manuscrits de Léonard de Vinci. Manuscrits... de la Bibliothèque de l'Institut, publiés par Ch. Ravaisson-Mollien, Paris, 1881—1891. Издание состоит из шести томов: т. I (рукопись A), т. II (B, D), т. III (E, K), т. IV (F, I), т. V (G, L, M), т. VI (H и рукописи B. N. 2037 и 2038=Ashburnham I и II). В 1936 г. Винчианской комиссией (Commissione Vinciana) было начато переиздание этих рукописей: I Manoscritti e i disegni di Leonardo da Vinci, vol. II. Il Codice A nell'Istituto di Francia, Roma, 1936; vol. III, Il Codice A (2171) nell'Istituto di Francia (Complementi), Roma, 1938. В этом последнем томе помещена копия рукописи A, сделанная Вентури в конце XVIII в., а также переизданы листы 65—114 этой же рукописи, выкраденные Либри (см. стр. 916). Они были им проданы лорду Эшбернхэму, а затем поступили в Парижскую национальную библиотеку, которая передала их позднее во Французский институт (Institut de France). Листы известны под обозначением «Ashburnham II» или «Bibliothèque Nationale 2038» (также «Ashburnham 2185»). Переиздана также рукопись B: vol. V, Il Codice B (2173) nell'Istituto di Francia, Roma, 1941.

Il Codice Arundel 263 в издании I Manoscritti ed i disegni di Leonardo da Vinci, publicati dalla Reale Commissione Vinciana, vol. I, parte 1—3, Roma, 1926—1928.

I Codici Forster. В той же серии, Roma, 1930—1934, пять томов.

Il Codice di Leonardo da Vinci, nella Biblioteca di Lord Leicester in Holkam Hall, pubblicato... da G. Calvi, Milano, 1909.

Il Codice sul volo degli uccelli e varie altre materie. Pubblicato da Teodoro Sabachnikkoff. Trascrizioni e note di G. Piumati. Traduzione in lingua francese di C. Ravaisson-Mollien, P., 1893.

Этот кодекс составлял ранее часть рукописи B. Позднее были найдены недостающие листы, изданные в 1926 г.: I fogli mancanti al Codice di Leonardo da Vinci nella Biblioteca Reale di Torino. A cura di E. Carusi, Roma, 1926.

Все листы кодекса в надлежащем порядке с новой нумерацией были изданы в книге «Leonardo da Vinci». Edizione curata della mostra di Leonardo da Vinci in Milano, 1939 (нем. изд. Berlin, s. a., стр. 347—361).

В настоящем издании при ссылках на этот кодекс принята новая нумерация, охватывающая и вновь найденные листы.

I manoscritti di Leonardo da Vinci della Reale Biblioteca di Windsor. Dell' Anatomia, Fogli A, publicati da T. Sabachnikoff, transcritti ed annotati da Giovanni Piumati. Con traduzione in lingua francese. Preceduti da uno studio di M. Duval. P., 1898

То же, Fogli B. Torino, 1901.

Quaderni d'anatomia I—VI. Pubblicati da O. C. L. Vangensten, A. Fonahn e H. Hopstock. Con traduzione inglese e tedesca. Christiania, 1911—1916.

Kenneth Clark. A catalogue of the drawings of Leonardo da Vinci in the collection of his majesty the king at Windsor castle. Cambridge, 1935, vol. I—II.

Il Codice di Leonardo da Vinci nella Biblioteca del principe Trivulzio in Milano. Trascritto ed annottato da L. Beltrami, Milano, 1891.

То же: Il Codice Trivulziano trascritto da N. De Toni, Milano, 1939 (без иллюстраций).

СОБРАНИЯ ВЫДЕРЖЕК ИЗ РУКОПИСЕЙ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

(«Трактаты»)[1]

Il Trattato del moto e misura dell'acqua. Bologna, 1828 (в серии Raccolta d'autori italiani che trattano del moto delle acque, vol. X, pp. 270—450). Новое изд. E. Carusi и A. Favaro, Bologna, 1923 (Istituto di Studi Vinciani, Nuova serie, Testi Vinciani, vol. I).

Trattato della Pittura novamente dato in luce con la Vita dell'istesso autore, scritta da Rafaelle Du Fresne, P., 1651 (первое, неполное издание). Полное издание с немецким переводом: Das Buch von der Malerei nach dem Codex Vaticanus (Urbinas, 1270) übersetzt von H. Ludwig, Wien, 1882 (Quellenschriften für Kunstgeschichte XV—XVII), переиздано M. Herzfeld, Jena, 1909. По-русски: «Книга о живописи», М., 1934.

---

[1] Перечень важнейших «антологий» приведен на стр. 917—918.



ПЕРЕЧЕНЬ РУКОПИСЕЙ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ С УКАЗАНИЕМ ИХ СОКРАЩЕННЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Рукопись	Годы	Сокращенное обозначение
«Атлантический кодекс» (Милан, Амвросианская библиотека)	ок. 1483—1518	C. A.
Анатомические рукописи (Виндзорская библиотека)	ок. 1510 1489 и сл.	W. An. A W. An. B
Листки, касающиеся анатомии (Виндзорская библиотека), так называемые Quaderni d'anatomia	1489—1516	W. An. I W. An. II W. An. III W. An. IV W. An. V W. An. VI
Том смешанного содержания (Милан, Кастелло Сфорцеско, рукопись, принадлежавшая Тривульцио)	1487/90	Tr.
Том, посвященный преимущественно архитектуре и военному делу (Париж)	прибл. 1488/89	B
Рукопись, ранее составлявшая часть манускрипта B (Париж)	прибл. 1488/89	B. N. 2037 (Ash. I)
Записная книжка (Лондон, Саут-Кенсингтонский музей, библиотека Форстера)	ок. 1489	Forst. I[2]
«Трактат о свете и тени»	1490	C

Рукопись	Годы	Сокращенное обозначение
Записная книжка (Лондон, Саут-Кенсингтонский музей, библиотека Форстера)	1490—1493	Forst. III
Рукопись, ранее составлявшая часть манускрипта А (Париж)	1492	B. N. 2038 (Ash. II)
Отрывок рукописи смешанного содержания (Париж)	1492	A
Записная книжка в трех частях (Париж)	1493, 1494 1494, январь 1494, март	H^3 H^2 H^1
Записная книжка в двух частях (Лондон, Саут-Кенсингтонский музей, библиотека Форстера)	1495/97 1495	Forst. II^2 Forst. II^1
Записная книжка в двух частях (Париж)	1497/99 1497	I^2 I^1
Записная книжка (Париж)	1497, 1502/03	L
Записная книжка (Париж)	до 1500	M
Рукопись, содержащая научные наблюдения, заметки по геологии (Библиотека Лестера в Holkam Hall, Norfolk)	между 1504 и 1506	Leic.
Собрание трактатов и заметок (Лондон, Британский музей, собрание Арундель)	1504, 1508, после 1516	B. M. (Arund. 263)
Записная книжка в трех частях (Париж)	после 1504 после 1504/09 1509—1512	K^1 K^2 K^3
Трактат о стереометрии (Лондон, Саут-Кенсингтонский музей, библиотека Форстера)	1505	Forst. I^1
Трактат о полете птиц, ранее составлявший часть манускрипта B (Турин)	1505	V. U.
«Трактат о глазе» (Париж)	1508	D

Рукопись	Годы	Сокращенное обозначение
Записная книжка (Париж)	1508—1509	F
Записная книжка (Париж)	прибл. 1510/16	G
Отдельные листы (Венецианская академия искусств)	1511 и других годов	V
Записная книжка (Париж)	1513 и 1514	E
Недатированные листы не анатомического содержания, хранящиеся в Виндзорской библиотеке (цифры обозначают инв. номер)	—	W
«Трактат о живописи»	Составлен в XVI в. из записей Леонардо да Винчи	T. P.
«Трактат о движении и измерении воды»	Составлен в XVII в. из записей Леонардо да Винчи	T. A.

Все рукописи, имеющие пометку «Париж», хранятся во Французском институте (Institut de France).

Годы, соединенные знаком /, означают, что рукопись датируется приблизительно в пределах этих лет. Годы, соединенные тире, означают, что рукопись писалась и пополнялась на протяжении указанных лет.

Рукописи Forst. I^1 и Forst. I^2 объединены в одном переплете (так же как рукописи Forst. II^1 и Forst. II^2, H^1, H^2 и H^3, I^1 и I^2, K^1, K^2 и K^3) и имеют сквозную нумерацию, которая и указывается нами всюду в тексте без значков 1, 2, 3 при римской цифре (или букве). Для более точной датировки помещенных в настоящем издании отрывков необходимо помнить, что листы распределяются в каждой из групп указанных рукописей так:

Forst. I^1 и Forst. I^2 — листы 1—40 и 41—54.

Forst. II^1 и Forst. II^2 — листы 1—63 и 64—159.

H^1, H^2 и H^3 — листы 1—48, 49—94 и 95—142.

I^1 и I^2 — листы 1—48 и 49—94.

K^1, K^2 и K^3 — листы 1—49, 50—80 и 81—128.



СОДЕРЖАНИЕ

Об истинной и ложной науке 9

Математика 32
О площадях и объемах 32
О математических инструментах и измерительных приборах . . . 73
О непрерывном и бесконечном 78
О времени 82

Механика 84
О предмете механики и порядке ее изложения 84
О стихиях, тяжести и легкости 86
О тяжести, силе, движении и ударе 91
О центрах тяжести 104
О рычаге и весах 118
О весомом рычаге 127
О плечах потенциальных и реальных 133
О движении плеч рычага 136
О коленчатых и трехплечих весах 142
О подвешенных тяжестях 149
О блоках и талях 161
О грузе, который подвешен к нити, укрепленной на двух концах . 171
О стержне, подвешенном на двух нитях 194
О прочности скобок 197
О равновесии на наклонной плоскости 198
О вертикальных опорах 202
О горизонтальных балках 209
О распределении тяжести в наклонном стержне 217
Сила и движение 221
Об импульсе (impeto) 226
О роли воды и воздуха при движении тела 231
О соотношении между движущим и движимым 238
О падении тел 246
О движении горизонтально брошенных тел 261

О движении по наклонной плоскости 266
Об ударе 271
О трении 300
Об осях колес 316
О зубчатых колесах 317
О винте 321
Строительная механика 324
О трещинах зданий 324
Об арках 328

Гидромеханика 336
Порядок и содержание книг о воде 336
О терминах 340
О падении воды и водяной пене 342
О волнах 345
О течении рек 354
О водоворотах 367
О равновесии и движении жидкостей 373
О гидротехнических работах 391

Геология и физическая география 407
Об ископаемых животных 410
О перегное 424
О водной сфере и перемещении центра Земли 425
О воде, изменяющей лик Земли 433
О водных жилах 441
О подъеме воды на вершины гор 445
О солености моря 455
О приливе и отливе 457
О Средиземном и Черном морях 463
О горе Тавре 470
О реках Средней Азии и Индии 475

Метеорология 476
О ветре, молнии, облаках и дожде 476
О радуге и о кругах вокруг Луны 490

О летании и движении тел в воздухе 494
О строении крыла и перьев 497
О плавании и летании 510
О движении крыльев при полете без ветра 513
Об устойчивости и равновесии при полете без ветра 517
О перемещениях в вертикальной плоскости при полете без ветра . 525
О перемещениях в горизонтальной плоскости при полете без ветра 536

О полете при ветре и против ветра 550
О падающих и отраженных движениях 572
О винтообразном подъеме птицы в воздухе 589
О летании насекомых, летучих мышей и других животных 592
О летательных аппаратах 596

Химия 616
О горении и пламени 616
О металлах и их обработке 621
О красках, лаках и других материалах, применяемых в живописи . 625
О смешивании красок 629
О маслах 632
Клей для кожи 634
О благовониях, зловонных веществах и ядах 634
О картоне и бумаге 635
Об искусственных камнях и жемчуге 636
Об изготовлении селитры 638
О бенгальских огнях и фейерверках 638
О греческом огне 639

О свете, зрении и глазе 642
О свете и зрении 642
О распространении образов 644
О линейной перспективе 657
О бинокулярном зрении и восприятии формы и рельефа 670
О свете и тенях 673
О явлениях светового контраста 678
О влиянии яркости предмета и его фона на восприятие его величины . 681
О восприятии границ тела на различных расстояниях 684
Об увеличении светил у горизонта 689
О воздушной перспективе 693
О синеве воздуха и тумана 701
О зрительном восприятии движений 705
О функциях глаза и его частей 707
О субъективных зрительных ощущениях 726
Об очках и увеличительных стеклах 728
О зеркалах 731

Астрономия 735
О Солнце 735
О планетах 740
О Луне 742
О Земле и Вселенной 753

Анатомия и физиология человека и животных . . . 760
О книгах по анатомии и об анатомических рисунках . . . 760
О строении человека и животных . . . 775
Важнейшие определения . . . 778
О мышцах . . . 780
О сердце и кровообращении . . . 787
О дыхании и голосе . . . 812
О питании и пищеварении . . . 828
О головном и спинном мозге и об органах чувств . . . 834
О развитии зародыша и росте ребенка . . . 840
О движениях человека и животных . . . 846
О живых существах . . . 851

Ботаника . . . 854
О стволах и ветвях деревьев . . . 854
О расположении листьев . . . 860
О движении соков . . . 862

ПРИЛОЖЕНИЯ

От составителя и переводчика . . . 871
В. П. Зубов. Леонардо да Винчи и его естественнонаучное наследие 875
Комментарии . . . 939
К заставке в начале книги . . . 939
Об истинной и ложной науке . . . 940
Математика . . . 946
Механика . . . 954
Гидромеханика . . . 966
Геология и физическая география . . . 972
Метеорология . . . 979
О летании и движении тел в воздухе . . . 981
Химия . . . 989
О свете, зрении и глазе . . . 991
Астрономия . . . 1002
Анатомия и физиология человека и животных . . . 1006
Ботаника . . . 1016
Библиография . . . 1019
Перечень рукописей Леонардо да Винчи с указанием их сокращенных обозначений . . . 1021

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук СССР

Редактор издательства *Н. Г. Кристостурьян*
Технический редактор *Н. П. Аузан*

•

РИСО АН СССР № 5348. Сдано в набор 4/III 1955 г.
Подписано к печ. 15/IX 1955 г. Формат бум. 70×92[1]/[16].
Печ. л. 64,25-75,17+2 вкл Уч.-издат. лист. 52,8+вкл. 0,2.
Тираж 5000. Т-05291. Издат. № 308. Тип. заказ № 1256

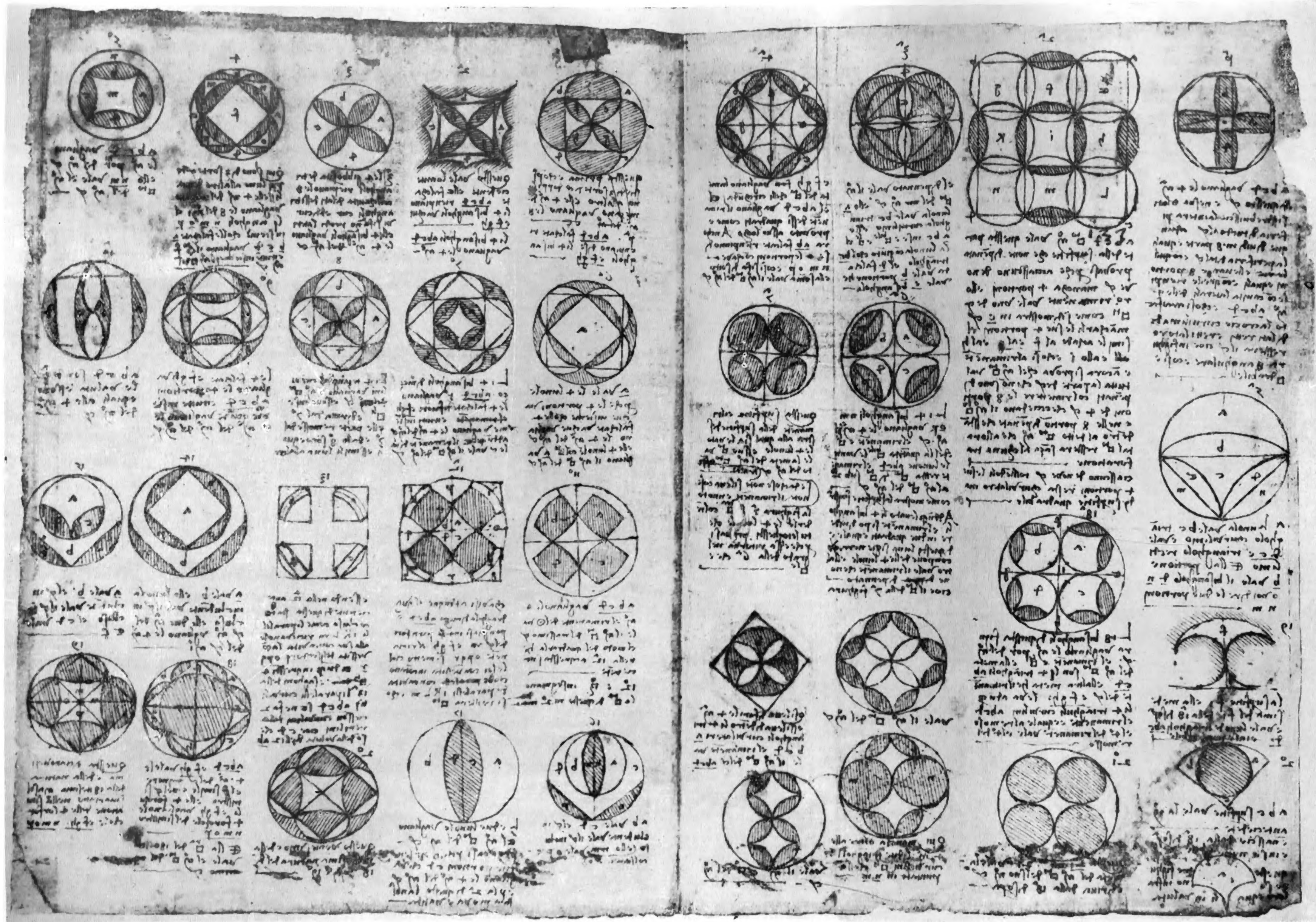
Цена 39 руб.

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Б-64, Подсосенский пер., д 21

2-я типография Издательства Академии наук СССР
Москва, Шубинский пер., д. 10

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
125	8 сн.	3 раза в *a*	3 раза в *ac*
126	4 сн.	помещенных в 7	помещенных в *q*
221	9—10 св.	под прямым углом к балке и идущая	под углом к балке и идущая под прямым углом
380	3 и 11 св.	трубке	ткани
380	6, 7, 10, 13 и 14 св.	трубки	ткани
464	6 сн.	преграду.	преграду, и
671	1 сн.	в *o*	в *g*
954	8 св.	$a^3 \sqrt{2}$	$a \sqrt[3]{2}$
982	2 сн.	в начале	в конце



Чертежи луночек (С. А., 172 об. а)

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

ИЗБРАННЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ

ИЗБРАННЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ